

JAN SMETANA

POŁĄCZENIE KANAŁOWE ORAZ SPŁAWNOŚĆ RZEK: ŁABY, ODRY I DUNAJU

I. CEL I ZAKRES PRACY

Praca niniejsza*) zajmuje się zagadnieniem kanału Łaba—Odra—Dunaj (Ł. O. D.) w ramach obecnego i projektowanego stanu spławności Łaby, Odry i Dunaju, rzeki te kanał ma połączyć, pokonywając istniejące między nimi przeszkody.

Dzięki tej szerokiej koncepcji pragnę dać porównawczy i krytyczny przegląd całego problemu. Chodzi o to, jak dalece projektowana zdolność kanału Ł.O.D. odpowiada spławności owych trzech rzek i odwrotnie: o ile spławność ich odpowiada względnie będzie odpowiadała przewidywanej zdolności kanału.

Od tego wzajemnego stosunku zależy także i tranzyt towarów na kanale Ł.O.D., z którego wysokim procentem w przewozie towarów na kanale musimy się liczyć, jeżeli kanał ma być przedsięwzięciem opartym na zdrowych podstawach gospodarczych i finansowo zrównoważonym.

Zarazem — co prawda tylko pobieżnie i jak najzwięźlej — omówię i przedstawię olbrzymi problem techniczny i gospodarczy, jakim jest projekt drogi wodnej przeznaczonej dla dużej żeglugi pomiędzy Morzem Czarnym a wybrzeżem lewantyńskim z jednej, Morzem zaś Bałtyckim a Morzem Północnym z drugiej strony.

W takim ujęciu ogólnym kanał Ł.O.D. staje się wprawdzie zasadniczym, ale stosunkowo krótkim odcinkiem wspomnianych dróg międzymorskich, przechodzących przez terytorium państwa czechosłowackiego, przy czym drogi te muszą być jeszcze gruntownie ulepszone.

Aby ukazać stosunek długości kanału Ł.O.D. do długości wspomnianych międzymorskich dróg wodnych, przytoczę najpierw szereg cyfr.

*) Autorem pracy jest inż. dr Jan Smetana, profesor Wyższej Szkoły Technicznej (Politechniki) w Pradze. (Przyp. red.).

Kanał Ł.O.D. (rys. 1, 2) tworzy na terytorium CSR nader wygodne, gwiaździste połączenie pomiędzy Łabą, Odrą i Dunajem. Środkiem tej trójramiennej gwiazdy jest miasto Przerów na Morawach.

Jaka odległość drogą wodną dzieli Przerów od czarnomorskiego portu w Sulinie i jak daleko jest z Przerowa do trzech głównych portów morskich na północy: do Szczecina, Hamburga i Rotterdamu? Do Rotterdamu, położonego przy ujściu Renu, dostać się można z Magdeburga kanałem śródlądowym. Wspomniane odległości wynoszą:

Przerów — Sulina	2.036 km
z tego kanałem Odra—Dunaj	156 km
Dunajem	1.880 km
Przerów-Szczecin	799 km
z tego kanałem Odra—Dunaj	153 km
Odrą	646 km

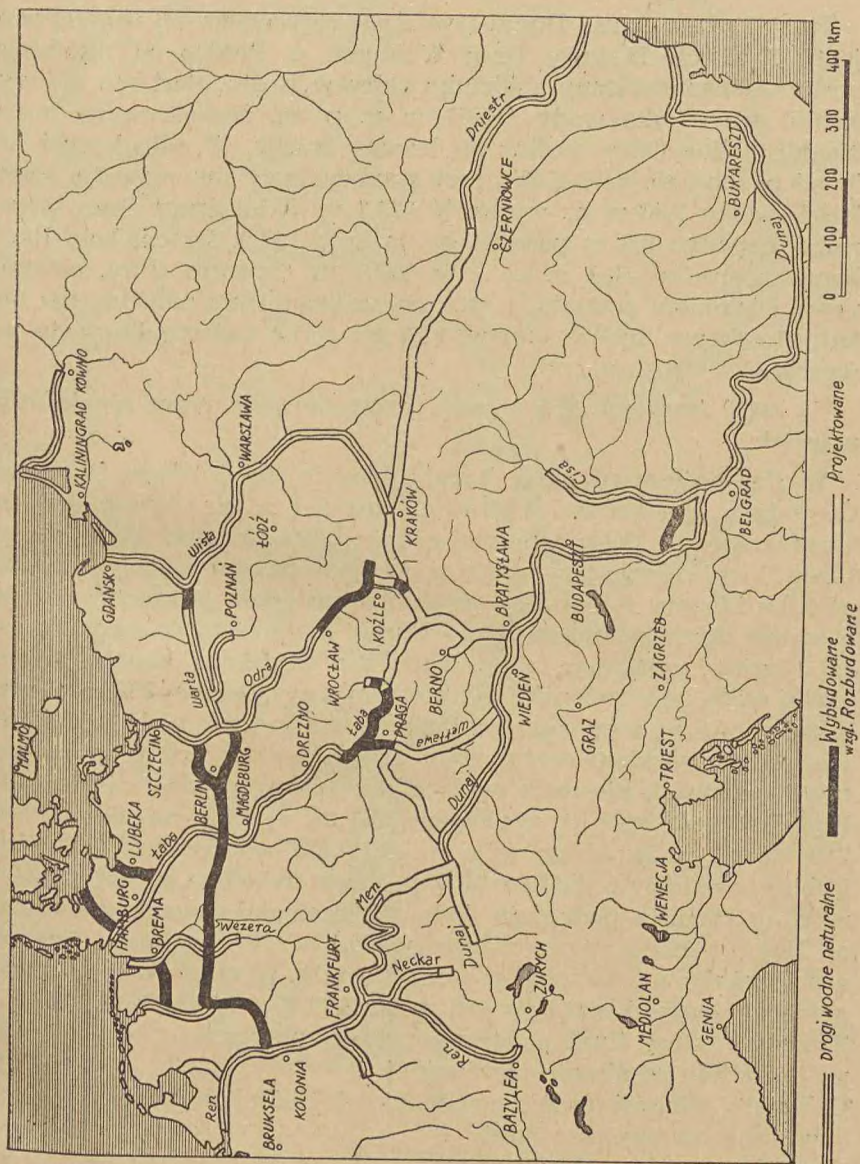
Dla dwóch dalszych portów morskich — Hamburga i Rotterdamu — podaję najpierw odległości drogą wodną z Mělnika, który stanowi w Czechach środek podobnej trójramiennej gwiazdy skanalizowanych rzek: Średniej Łaby, Wełtawy i Dolnej Łaby.

Droga wodna Mělnik — Hamburg liczy	726 km
z tego po czechosłowackiej Łabie skanalizowanej i wolnej	105,8 km
Droga Mělnik — Rotterdam	1.126 km
Drogą wodną z Mělnika do Przerowa jest	299 km
z tego skanalizowaną Średnią Łabą z Mělnika do Pardubic	142 km
kanał zaś Pardubice—Przerów liczy okrągło	157 km
Długość drogi wodnej Przerów—Hamburg wynosi zatem	1.025 km
drogi wodnej Przerów—Rotterdam:	1.425 km

Długości dróg wodnych między wymienionymi portami na Morzu Bałtyckim, Morzu Północnym i Morzu Czarnym przedstawiają się przeto jak następuje:

Szczecin — Sulina	2.829 km
z tego kanałem O. D.	309 km
Hamburg — Sulina	3.061 km
z tego kanałem Ł. D.	313 km
Rotterdam — Sulina	3.461 km
z tego kanałem Ł. D. również	313 km

Rys. 1. Środkowo-europejskie szlaki wodne.



II. POŁĄCZENIE KANAŁOWE ODRY, ŁABY I DUNAJU

1. Trasa i profil wysokościowy kanału Odra—Dunaj

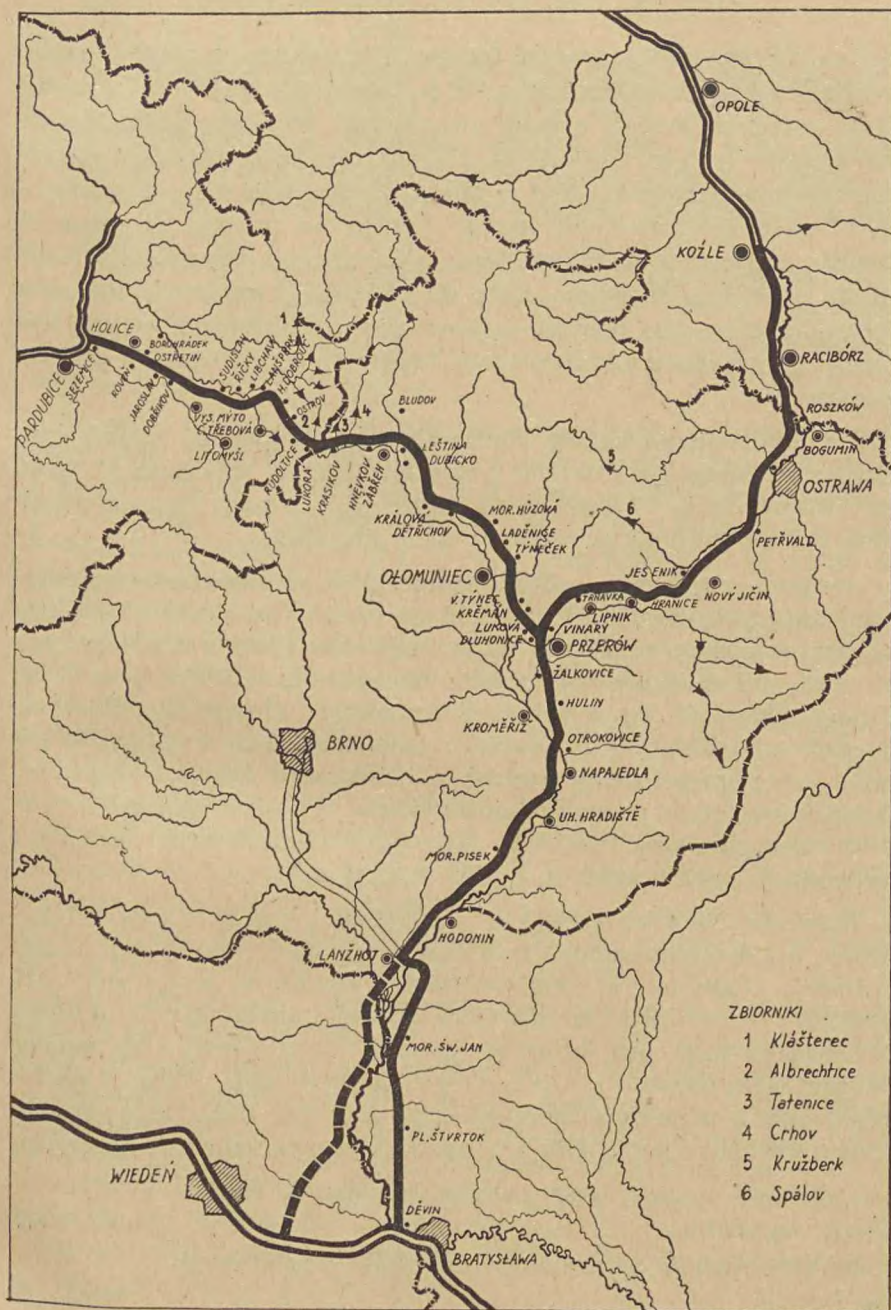
Trasa kanału Odra—Dunaj (rys. 2, 3) rozpoczyna się według projektu Dyrekcji Budowy Dróg Wodnych w Pradze od ostatniego portu na skanalizowanym odcinku Odry w Koźlu. Port ten ma wysokość zwierciadła wody 165,37 m n. p. m. Projektowany kanał biegnie doliną Odry wzdłuż jej lewego brzegu. W odległości 4 km kanał podnosi się koło Koźla przy pomocy śluzy komorowej o wysokości spadku 7,83 m na wysokość 173,2 m; dalej druga śluza komorowa o spadku 8,8 m podnosi go na kotę 182,0, trzecia koło Raciborza o spadku 10,1 m na kotę 192,1 m. Czwarta śluza, ostatnia przed odcinkiem podnośni i ostatnia na terytorium polskim, ma być koło Roszkowa; spadek wynosi 11,3 m, górne zwierciadło wody ma wysokość 203,4 m n. p. m.

Ta część trasy ma być jeszcze przestudowana przez specjalistów polskich.

W Czechosłowacji trasa kanału biegnie dalej lewym brzegiem Odry koło Bogumina i Ostrawy. Powyżej ujścia potoku Lubiny, wpadającego do Odry z prawej strony, trasa przenosi się na prawy brzeg Odry, którego trzyma się aż do ujścia potoku Luha, na krótkim odcinku biegnie doliną tego potoku, a następnie ją opuszcza, dążąc w stronę działu wodnego Odra—Dunaj. Przekracza go na północ od m. Hranica, osiągając tutaj stanowisko szczytowe kanału. Zwierciadło wody na stanowisku szczytowym ma wysokość 279 m n. p. m. Różnica 75,6 m wysokości pomiędzy zwierciadłem wody w Roszkowie a stanowiskiem szczytowym osiągnięta ma być przy pomocy trzech podnośni: pierwsza na zachód od Ostrawy koło miejscowości Hoštalkovice, o różnicy poziomów 26,6 m, ze zwierciadłem górnym 230,0 m n. p. m.; druga koło m. Petřvald, na południe od ujścia Lubiny, o różnicy poziomów 20,0 m, ze zwierciadłem górnym 250,0 m n. p. m.; trzecia podnośnia, koło miejscowości Jeseník, na zachód od Nowego Jičina, przez różnicę poziomów 29,0 m osiąga poziom stanowiska szczytowego, tzn. 279 m n. p. m. Całkowity spadek północnej części kanału wynosi zatem $279,00 - 165,37 = 113,63$ m. Z tego na cztery śluzy po stronie polskiej przypada

na podnośnię po stronie morawskiej	38,03 m
Całkowita długość części północnej od Koźla do stanowiska szczytowego wynosi	104,0 km
długość stanowiska szczytowego	32,0 km

Część trasy od stanowiska szczytowego do Dunaju, którą będziemy pokrótce nazywali częścią południową kanału Odra—Dunaj, biegnie



Rys. 2. Kanał Łaba-Odra-Dunaj

doliną Beczwy po jej prawym brzegu, kierując się na północ łukiem wygiętym w stronę Przerowa. Na południowy zachód od Przerowa trasa przecina Beczwę, a dalej na południe Moštěnku, która wpada do Morawy koło m. Kroměříža. Potem trasa mija Hulin od strony południowo-zachodniej. Nad ujściem potoku Dřevnicy trasa przecina rzekę Morawę z jej lewego brzegu na prawy. Na prawym brzegu Morawy mija miejscowości: Napajedla i Uherske Hradiště, dążąc w stronę Hodonina. Koło m. Lanžhot przenosi się na lewy brzeg Morawy, aby biegnąc w kierunku południowym wzdłuż słowackiego brzegu granicznej rzeki Morawy dotrzeć koło Děvina do Dunaju.

Południowa część kanału obniża się za stanowiskiem szczytowym najpierw trzema podnośniami, pokonując różnicę wzniesień 77 m na przestrzeni około 16 km trasy i dalsze 65,3 m przy pomocy ośmiu śluz komorowych na przestrzeni 157,4 km trasy.

Pierwsza podnośnia, u końca stanowiska szczytowego, projektowana jest koło Trnavki na zachód od Lipnika n. Beczwą. Miałyby to być najwyższa podnośnia na kanale Odra—Dunaj, o różnicy poziomów 30,5 m. Dolne zwierciadło ma wzniesienie 248,5 m n. p. m. Druga podnośnia ma być koło miejscowości Vinary na północ od Przerowa: spadek 27,5 m, dolne zwierciadło 221 m n. p. m. Na tej wysokości następowaloby połączenie z kanałem Pardubice—Przerów. Trzecia i ostatnia podnośnia na południowym odcinku kanału projektowana jest koło Przerowa; dzięki jej 19-metrowemu spadkowi zwierciadło kanału opadnie na 202 m n. p. m.

Pierwsza śluza komorowa w południowej części kanału Odra—Dunaj ma być umieszczona koło Želkovic, między Przerowem i Kroměřížem. Śluza ta ma mieć największy spadek ze wszystkich śluz komorowych na całym kanale Odra—Dunaj, mianowicie 11 metrów. W dalszym ciągu projektuje się jeszcze 7 śluz, z tych 4 na terenie Moraw (koło Otrokovic, Uherskiego Hradiště, Mor. Pisku i Hodonina) oraz 3 na terenie Słowacji: koło Mor. Św. Jana, koło Plaveckiego Štvrtoku i koło Děvina przed samym połączeniem z Dunajem.

Całkowita długość części południowej kanału Odra—Dunaj wynosić ma	173,4 km
całkowity spadek od poziomu stanowiska szczytowego do Dunaju	142,3 m
długość opisanej trasy całego kanału Odra—Dunaj wynosi	309,4 km

2. Trasa i profil wysokościowy kanału Pardubice — Przerów (P. P.) (projekt)

Trasa kanału P. P. prowadzi dolinami rzek: Loučnej i Cichej Orlicy w Czechach oraz Morawskiej Sazawy i Górnej Morawy — na Morawach. Stanowisko szczytowe kanału znajduje się w Czechach (rys. 2,4).

Projekty samej trasy i jej wysokościowego profilu ulegały, podobnie jak to było z projektami kanału Odra—Dunaj, poważnym zmianom. Przedstawiam tutaj to stadium prac nad projektem, jakie osiągnięte zostało w Dyrekcji Budowy Dróg Wodnych w Pradze w 1946 r. (rys. 4).

Ustalona tutaj trasa, tzw. podnośniowa, odbiega od kanalizowanej Łaby koło Pardubic; krótkie zwierciadło dolne o charakterze wyrównawczym, na wysokości 217 m n. p. m., kończy się służą komorową o spadku 13 m na północ od Sezemic. Górne zwierciadło w Sezemicach, na wysokości 230 m n. p. m. przecinałoby się z drogą Moravan—Borohradek na południe od Holic; jego zakończenie stanowiłaby podnośnia wysokości 35 m około szosy Roveň—Ostřetin. Od Ostřetina trasa biegnie wzdłuż szosy państwowej w stronę Vys. Mytu i na południe od miejscowości Jaroslav skręca na wschód.

Koło Dobříkova za pomocą podnośni o wysokości 35 m kanał podniósłby się na kotę 300 m. Po przecięciu dwutorowej linii kolejowej Praga—Czeska Trzebowa i bocznicy w kierunku Litomyśla trasa zakręca wielkim łukiem na północny wschód i dąży doliną Cichej Orlicy aż do pierwszego wzniesienia górskiego koło Sudislavi.

Za podnośnią koło Sudislavi, mającą 45 m wysokości, trasa dąży dalej na wysokości 345 m n. p. m., wkracza w dolinę potoku Klopoty i przedostaje się przez pasmo górskie na północ od wsi Říček przy pomocy tunelu długości mniej więcej 750 m.

Koło miejscowości Libchavy trasa przecina znowu dolinę Cichej Orlicy i południowym stokiem doliny biegnie dalej aż do Lanšperku, gdzie znajduje się podnośnia wysokości 45 m. Dalej trasa skręca w kierunku południowo-wschodnim i pomiędzy miejscowościami Horna Dobrouc i Ostrov przecina dział wodny Dunaju i Łaby stanowiskiem szczytowym o wysokości zwierciadła 390 m n. p. m. Podnośnia koło Rudoltic obniża poziom na kotę 345 m. Od Lukovej trasa kanału biegnie po stronie północnej linii kolejowej Czeska Trzebowa—Przerów aż do Krasikova, gdzie projektuje się następną z kolei podnośnię o spadku 25 m.

Na wysokości zatem 320 m n. p. m. kanał wchodziłby do wąskiej i krętej doliny rzeki Morawska Sazava i do jeziora, które powstać

ma koło Hněvkova przez wybudowanie zapory wysokości 45 m. Przez wzniesienia górskie koło Hněvkova kanał przedostać się ma przy pomocy tunelu długości 400 m; za tym tunelem podnośnia o spadku 43 m obniżyłaby poziom zwierciadła kanału na 277 m n.p.m.

Od podnośni koło Hněvkova trasa biegnie wzdłuż linii kolejowej do miejscowości Zabřeh, przechodzi pod linią Zabřeh—Bludov i koło Leštiny przecina przy pomocy mostu kanałowego rzekę Moravę, na której lewym brzegu pozostaje w dalszym ciągu aż do Przerowa.

Koło Dubicka trasa podnosi się na wzniesienie górskie, z którego opuszcza się następnie koło miejscowości Kralova przy pomocy podnośni o spadku 47 m. Ma to być najwyższa podnośnia na całym kanale Ł.O.D. Na północ od Dětrichova trasa przecina Oskavę, której wody zasilić mają kanał na wysokości 230 m. Przy pomocy śluzy komorowej na południe od miejscowości Morawska Hůzova kanał schodzi z wysokości 230 na 221 m n. p. m., tzn. na poziom zwierciadła przerowskiego kanału Odra—Dunaj.

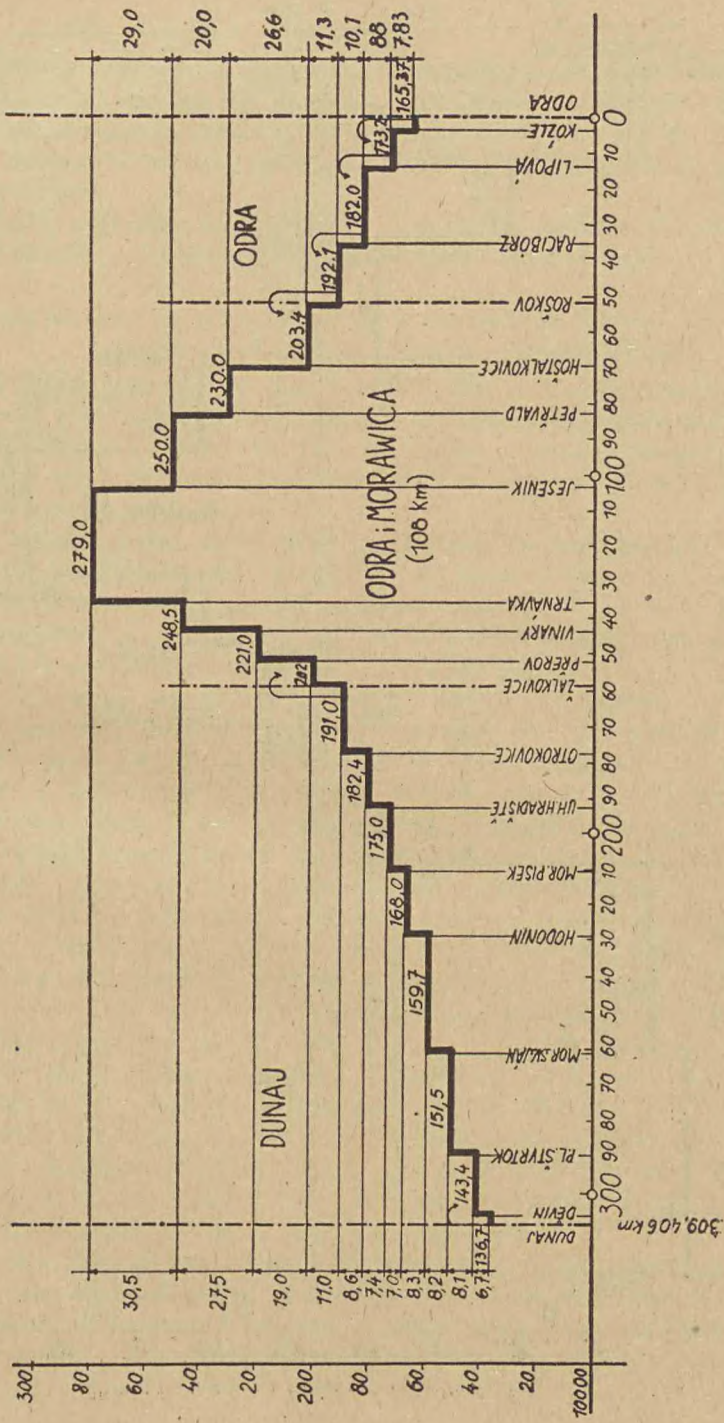
W dalszym ciągu trasa prowadzi koło Loděnic i Tynečka ku Ołomuńcowi. Na wschód od Ołomuńca przecina linię kolejową Ołomuniec—Berno, rzekę Bystríčkę i państwową szosę do Cieszyna.

Na południe od tej szosy ma być umieszczony port dla Ołomuńca. Stąd trasa prowadzi w kierunku południowo-wschodnim koło Wielkiego Tynca przez miejscowości Krčmaň i Lukova do Dluhonic, gdzie łączy się z trasą kanału Odra—Dunaj na wysokości 221 m n. p. m.

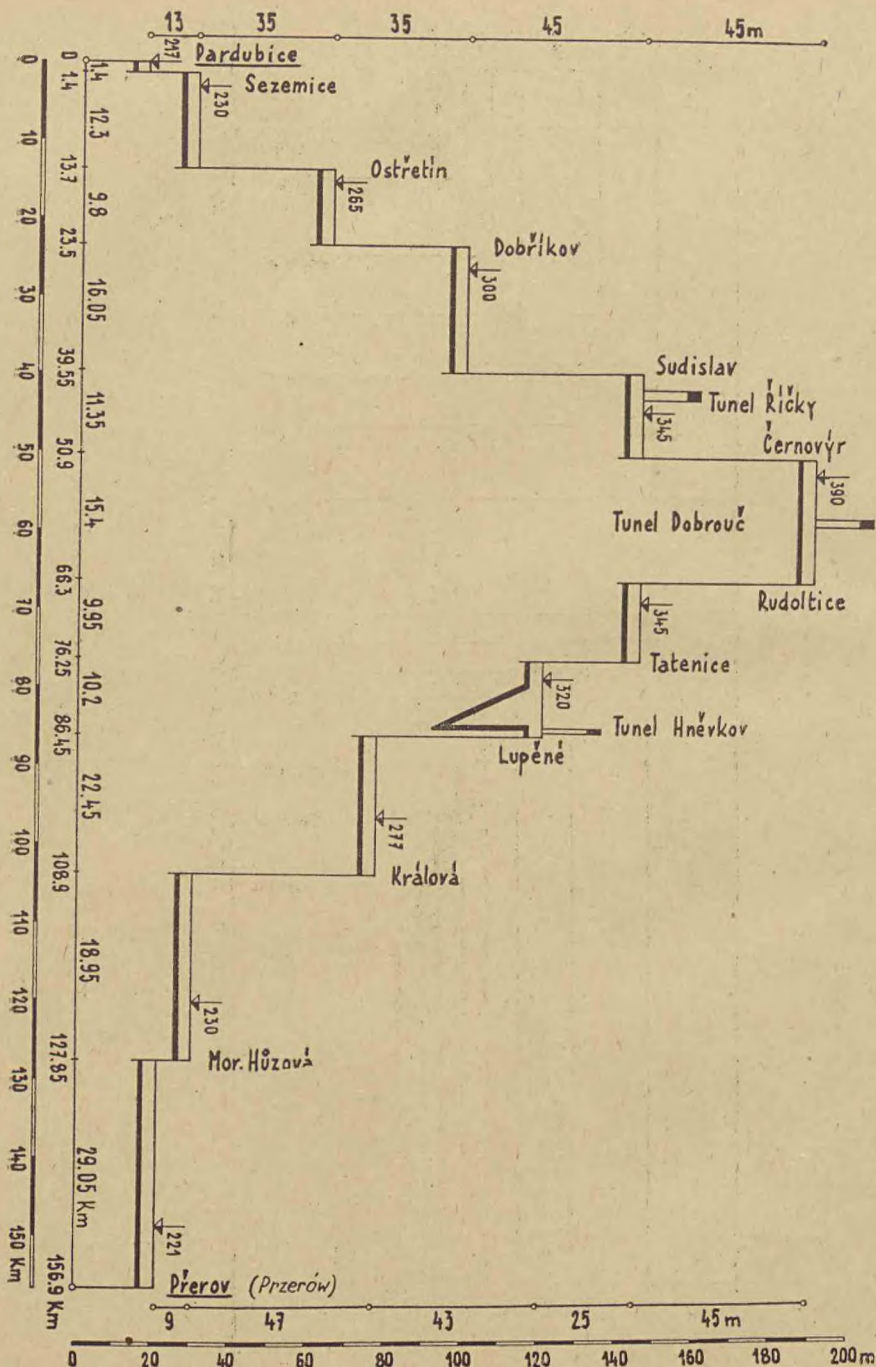
Trasa podnośniowa kanału P. P. ma długość	156,9 km
z tego część czeska wraz ze stanowiskiem szczytowym liczy	65,9 km
a samo stanowisko szczytowe	15,4 km
Wzniesienie zwierciadła Łaby nad poziom morza wynosi	217 m
wzniesienie stanowiska szczytowego	390,0 m
wzniesienie zwierciadła kanału koło Przerowa	221,0 m
całkowity spadek czeskiej części kanału wynosi zatem	173,0 m
spadek części morawskiej	169,0 m

Część czeska wznosi się przy pomocy jednej śluzy komorowej i czterech podnośni, część morawska opada przy pomocy czterech podnośni i również tylko jednej śluzy komorowej.

Rozwiązanie alternatywne przewiduje stanowisko szczytowe kanału między miejscowościami Černovyr i Rudoltice; wzniesienie stanowiska szczytowego nad poziom morza byłoby w tym wypadku o 45 m mniejsze, czyli, że zwierciadło wody stanowiska szczytowego miałoby wzniesienie 345 m n. p. m. Przy ogólnej długości 33,05 km stanowisko szczytowe przechodziłoby tunelem długości 14,3 km. Dodatnią stroną tego odmiennego projektu jest znaczne



Rys. 3. Profil wysokościowy kanału Odra-Dunaj



Rys. 4. Profil wysokościowy kanálu Pardubice-Przerów

obniżenie poziomu stanowiska szczytowego, zaoszczędzenie dwóch podnośni o spadku 45 m każda, przedłużenie stanowiska szczytowego przeszło dwukrotnie, skrócenie całego szlaku o 3,65 km, wreszcie ulepszenie zaopatrywania kanału w wodę. Ujemną stronę stanowi długi tunel.

Trasa podnośniowa kanału P. P. pozostaje jeszcze w stadium projektowania, ostateczny projekt nie został opracowany.

3. Rozmiary barek, śluz komorowych, koryt, podnośni i przekroju poprzecznego kanału Ł.O.D.

Wiedeński projekt kanału z 1907 r. brał pod uwagę barkę o ładowności 650 ton. Czechosłowackie ministerstwo robót publicznych postanowiło w roku 1920, że projekt ma brać pod uwagę typ barki o 1000 ton ładowności, długości 80 m, szerokości 9,2 m, z największym zanurzeniem 2 m.

Rozmiary pojedynczej śluzy komorowej ustalone zostały dla barki o 1000 ton ładowności; długość śluzy wynosić ma 85 m, szerokość 12 m, głębokość nad głową i w komorze 3 m.

Wymieniona szerokość i głębokość pozwala także i na przepuszczanie barek o ładowności od 1200—1500 ton.

Te rozmiary odpowiadają danym dotyczącym współczesnych dróg wodnych środkowo-europejskich i nie można od nich odstąpić, choćby nawet przyczyniały się do wzrostu kosztów budowy.

Śluzy komorowe mają być budowane dla całych pociągów, po dwie koło siebie, i to tak, aby jedna dla drugiej stanowiła zbiornik oszczędnościowy. Komora dla pociągu ma mieć przy szerokości 12 m długość użytkową 225 m, aby pomieścić mogła dwie barki o ładowności 1000 ton i holownik. Ostatnio rozważano projekt komory długości tylko 185 m. Ta ostatnia cyfra jest jednak zbyt mała.

Kształt i rozmiary przekroju poprzecznego kanału ukazują rys. 5. Szerokość na poziomie zwierciadła wody wynosi 41 m. Głębokość wzdłuż osi szlaku, o ile szlak biegnie w wykopie, wynosi 3,50 m, o ile szlak biegnie na nasypie, głębokość wynosi 4,0 m. Powierzchnia poprzecznego przekroju zwilżonego wynosi 108,55 m². Ponieważ powierzchnia głównego żebra barki tysiactonowej wynosi 17,7 m², stosunek obu liczb ($108,55 : 17,7 = 6,15$) jest nader korzystny z punktu widzenia oporu ośrodka, tak że normalna szybkość żeglugi może być zwiększona z 5 na 7, a nawet 8 km/godz.

Przewiduje się podnośnie z korytem na 1 statek; koryto to ma zatem mieć 85 m długości, 12 m szerokości i 2,50 m głębokości.

Przed bliźniaczymi komorami i podnośniami kanał na przestrzeni około 450 m rozszerza się w dwójnasób, tzn. do szerokości około 82 m,

tak iż osie komór czy też podnośni oddalone są od siebie o 50 m. Przejście z szerokości zwykłej na podwójną następuje stopniowo na przestrzeni dalszych 200 metrów.

4. Ilości wody, potrzebne do wyrównania strat przez wyparowanie, wsiąkanie i nieszczelność kanału Ł.O.D.

Dla zaopatrywania kanału w wodę trzeba przewidzieć źródła za-
stępcze:

a) dla wody utraconej, tzn. wyrównanie strat wody na skutek wsiąkania w dno i brzegi, na skutek parowania zwierciadła wody w kanale, wreszcie na skutek nieszczelności zamknięć przy śluzach;

b) dla wody zużytej, która przepłynęła przy przeprawianiu statków z poziomu wyższego na niższy.

Ilość wody, którą kanał traci na skutek wsiąkania i parowania, ustalono dla 1 km bieżącego kanału przy szerokości zwierciadła 41 m i podanych wyżej głębokościach, jak następuje:

okres zimowy, grudzień—luty	3,89 1/sek/km
okres wiosenny, marzec—maj	6,45 1/sek/km
okres letni, czerwiec—sierpień	9,23 1/sek/km
okres jesienny, wrzesień—listopad	4,96 1/sek/km
przeciętnie	6,16 1/sek/km

Jeżeli pomnożymy ostatnią liczbę przez 31,5 miliona (liczba sekund w roku), otrzymamy okragło 0,2 mil. m³ jako liczbę strat przez wsiąkanie i parowanie na 1 km bież. kanału. Liczbę tę trzeba jeszcze powiększyć o 10%, czyli do 0,22 mil. m³ ze względu na rozszerzenia kanału przed bliźniaczymi komorami i w portach.

Jeżeli wodę w kanale uzupełnia się ze zbiorników, z których dostarcza się ją własnym spadkiem (grawitacyjnie) do odcinków szczytowych czy innych kanału, trzeba się liczyć ze stratami w kanałach doprowadzających według ich długości i sposobu przeprowadzenia, co stanowi dalsze 5—10%.

Ilość wody utraconej przez parowanie i wsiąkanie dla całej długości kanału Odra—Dunaj wynosi:

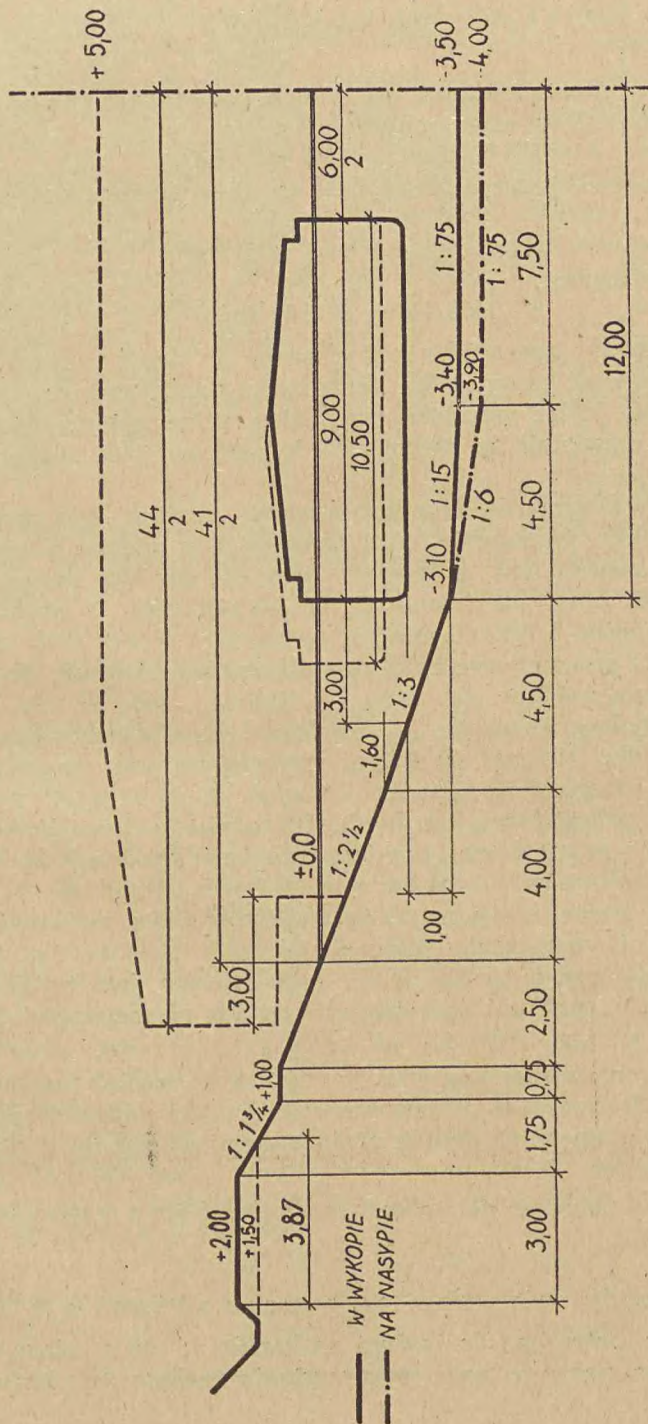
$$309,4 \times 0,22 = 68 \text{ mil. (m}^3\text{)}.$$

Z tej ilości na część północną kanału wraz ze stanowiskiem szczytowym przypada

$$136,0 \times 0,22 = 30 \text{ mil. (m}^3\text{)}$$

na część południową

$$173,4 \times 0,22 = 38 \text{ mil. (m}^3\text{)}.$$



Rys. 5. Profil poprzeczny kanału Łaba-Odra-Dunaj

Ilość wody utraconej przez parowanie i wsiąkanie dla całej długości kanału P. P. w ciągu roku wynosi:

$$156,9 \times 0,22 = 34,5 \text{ mil. (m}^3\text{)}$$

z tego na część czeską kanału wraz ze stanowiskiem szczytowym przypada

$$65,9 \times 0,22 = 14,5 \text{ mil. (m}^3\text{)}$$

na część morawską

$$81,0 \times 0,22 = 20 \text{ mil. (m}^3\text{)}$$

Podane liczby oznaczają straty wody w sensie hydrologicznym, tzn. ilość wody, która uchodzi do atmosfery i przenika do gruntu. Woda, która przecieka przez nieszczelne zamknięcia komór śluzowych ze zwierciadła górnego do dolnego, nie jest stratą w tym sensie.

Nieszczelność zamknięć śluz komorowych oceniana była przy tworzeniu projektu, jak zwykle, na 5 l/sek na 1 m spadku śluz, czyli dla 2 bliźniaczych śluz, z którymi liczy się projekt zarówno dla kanału O. D. jak i dla kanału P. P. — 10 l/sek. W ciągu roku strata ta wyniesie 0,315 mil. m³.

Taką stratę przewidywać należy na obu częściach kanału dla śluz o największym spadku.

Na części północnej kanału O. D. będzie to śluza komorowa w Roszkowie o spadku 10,9 m, dla której straty z powodu nieszczelności wynosiłyby okrągło 3,5 mil. m³.

Na części południowej kanału O. D. będzie to śluza komorowa w Želkovicach ze spadkiem 11 m i stratą roczną na skutek nieszczelności przy zaokrągleniu taką samą, tj. 3,5 mil. m³.

Całkowita strata wody na skutek nieszczelności zamknięć śluz na kanale O. D. wynosiłaby zatem 7 mil. m³.

Na czeskiej części kanału P. P. przewidziana jest tylko śluza koło Sezemic, o spadku 13 m; straty na skutek nieszczelności wynosiłyby tutaj w ciągu roku 4,1 mil. m³.

Na części morawskiej tego kanału największy spadek ma śluza k. Morawskiej Hůzovej (9 m); straty wynosiłyby tutaj rocznie 2,9 mil. m³. Ogółem przeto straty na skutek nieszczelności na kanale P. P. wynosiłyby również 7,0 mil. m³.

Przy podnośniach nie trzeba w ogóle liczyć się z nieszczelnością zamknięć.

5. Ilość wody zużywanej przy ruchu na kanale Ł.O.D.

Ilość wody, potrzebną do żeglugi na kanale w ciągu całego roku, obliczymy dla maksymalnego wykorzystania żeglugowego kanału.

Na kanale Ł.O.D. liczymy się z 285 dniami żeglugowymi rocznie. Z tego bierze się pod uwagę 190 dni, w ciągu których ruch trwać będzie po 16 godzin, w okresie, kiedy dni są najdłuższe, oraz 95 dni o ruchu dwunastogodzinnym, w okresie dni krótszych. Czas służowania mijających się statków na poszczególnych stopniach, tzn. podniesienia statku z dolnego zwierciadła na górne i opuszczenia drugiego statku w kierunku przeciwnym oblicza się przy komorach bliźniaczych jak następuje:

Wjazd i uwiązanie statku	10,0 min.
zamknięcie wrót	1,5 min.
napełnianie (opróżnianie) na 10 m spadku	13,0 min.
otwarcie wrót	1,5 min.
wyjazd	9,0 min.
	<u>35,0 min.</u>

Przy komorach bliźniaczych zatem $2 \times 35 \text{ min.} = 70 \text{ min.}$

W ciągu szesnastogodzinnego dnia ruchu może przeto nastąpić takich mijañ*):

$$16 \times 60 : 70 = 13,5$$

a w ciągu dnia ruchu dwunastogodzinnego

$$12 \times 60 : 70 = 10,0.$$

Wobec tego, że każda z komór o długości 225 metrów ma powierzchnię okragło 2830 m^2 , na 1 metr spadku potrzeba dla obu komór: $2 \times 2830 \text{ m}^3 = 5660 \text{ m}^3$ wody.

Bliźniacze komory będą jednak konstruowane tak, aby były dla siebie nawzajem zbiornikami oszczędnościowymi, które zaoszczędzą około 45% wody. Rzeczywista potrzeba przy jednym mijaniu na 1 m spadku służy wynosić będzie zatem:

$$5660 \text{ m}^3 \times 0,55 = 3120 \text{ m}^3;$$

natomiast na 1 metr spadku na cały sezon żeglugowy

$$(190 \times 13,5 + 95,0 \times 10) \times 3120 = 10,960 \text{ mil. (m}^3\text{)}$$

Słuza o największym spadku na północnej części kanału O. D. będzie zatem potrzebowała dla celów ruchu:

$$10,960 \times 10,9 = 119,5 \text{ mil. (m}^3\text{);}$$

najwyższa słuza części południowej kanału O. D.:

$$10,650 \text{ mil. m}^3 \times 11 = 117 \text{ mil. m}^3;$$

słuza czeskiej części kanału P. P.:

$$10,650 \text{ mil. m}^3 \times 13 = 138,5 \text{ mil. m}^3$$

słuza morawskiej części kanału P. P.:

$$10,650 \text{ mil. m}^3 \times 9 = 96 \text{ mil. m}^3.$$

Podnośnie nie potrzebują w ogóle wody do ruchu. Potrzeba tutaj tylko takich ilości wody, aby zapełnić przestrzeń pomiędzy wrotami

*) Podane niżej iloczyny i ilorazy są liczbami przybliżonymi.

kanalu i wrotami podnośni, potrzebną do wyrównania strat wynikających z nieszczelności wrót kanału. Ilość ta wynosi według doświadczeń poczynionych z istniejącymi już podnośniami o dwóch korytach okrągło 1 mil. m³.

6. Zaopatrywanie kanału Ł. O. D. w wodę.

Z liczb, które przytoczyliśmy na temat zużycia wody przy służach i podnośniach, widać, że podnośnie oznaczają w stosunku do służ komorowych znaczną oszczędność wody i że przez ich zastosowanie problem zaopatrywania kanału w wodę znacznie by się uprościł.

Z przytoczonych liczb widać ponadto, że byłoby rzeczą nader nieracjonalną zaopatrywać specjalnie kanał P. P. w wodę użytkową jedynie ze względu na jedną służę na każdym z obu odcinków kanału; będzie tu raczej wskazane, aby wodę użytkową przepompowywać ze zwierciadła dolnego do zwierciadła górnego wraz z wodą, która stale spływa na skutek nieszczelności zamknięć komory.

Poza tym już dostarczenie wody utraconej do stanowiska szczytowego kanału P. P. jest całkowicie osiągalne. Jeżeli do wyliczonych ilości wody utraconej na czeskiej części tego kanału tj.

14,5 mil. m³

doliczymy jeszcze 10% na straty w kanałach do-

prowadzających, tzn. okrągło

1,5 mil. m³

oraz dla podnośni

1,0 mil. m³

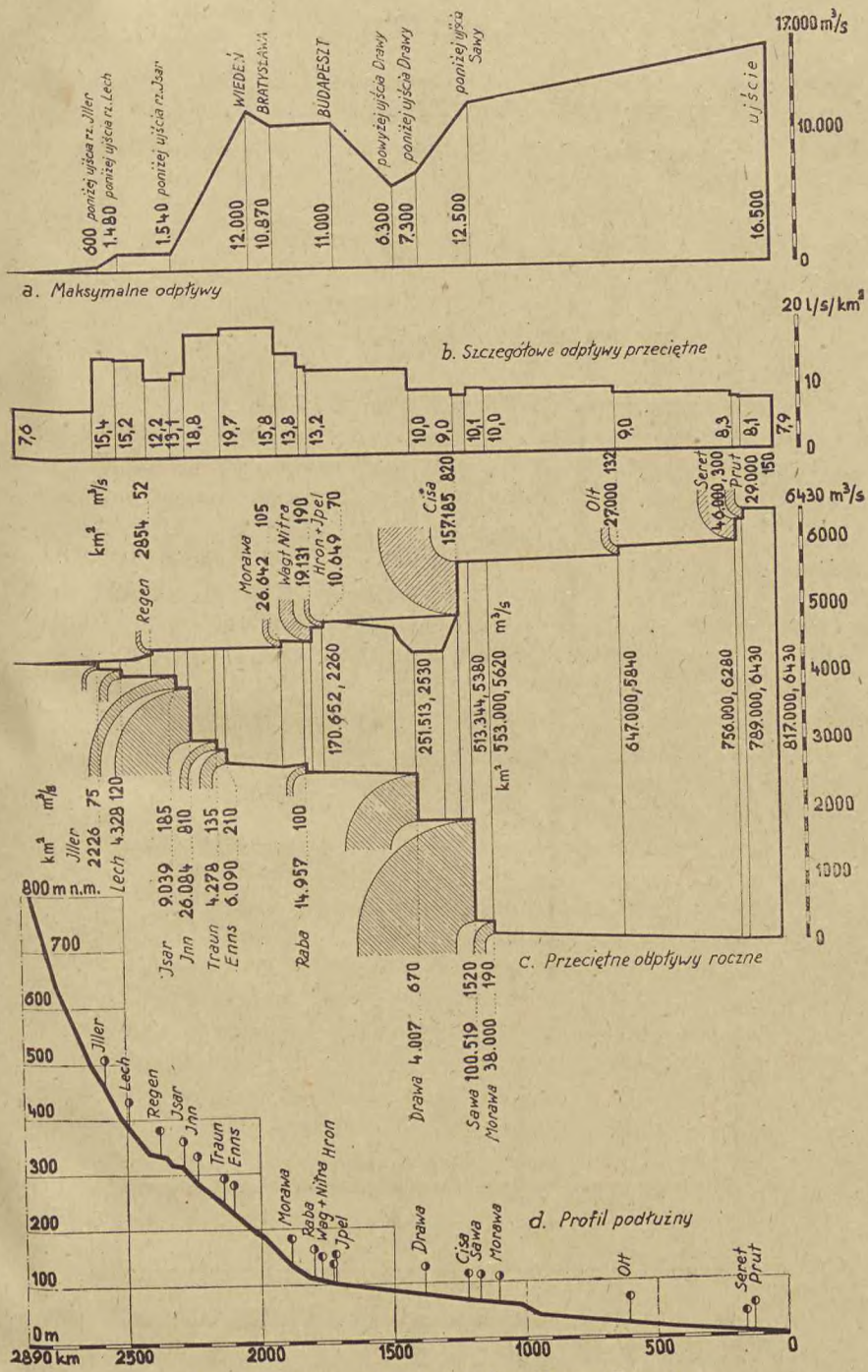
będzie chodziło o dostarczenie utraconej wody w ilości 17,0 mil. m³.

W tym celu wystarczy (rys. 2, nr 1) wybudować jeden zbiornik na Dzikiej Orlicy koło miejscowości Kłaštorec nad Orlicą, objętości 60 mil. m³. Zbiornik taki byłby w stanie dostarczyć nawet w okresie takiej suszy, jak w katastrofalnie suchych, następujących po sobie latach 1933 i 1934, 19 milionów metrów sześciennych wody rocznie, tak że można by nawet liczyć się z niewielkim zasileniem morawskiej części kanału. Przeciętny roczny odpływ Orlicy koło Kłaštorec wynosi 107,0 mil. m³; dorzecze zbiornika obejmowałoby 155,6 km².

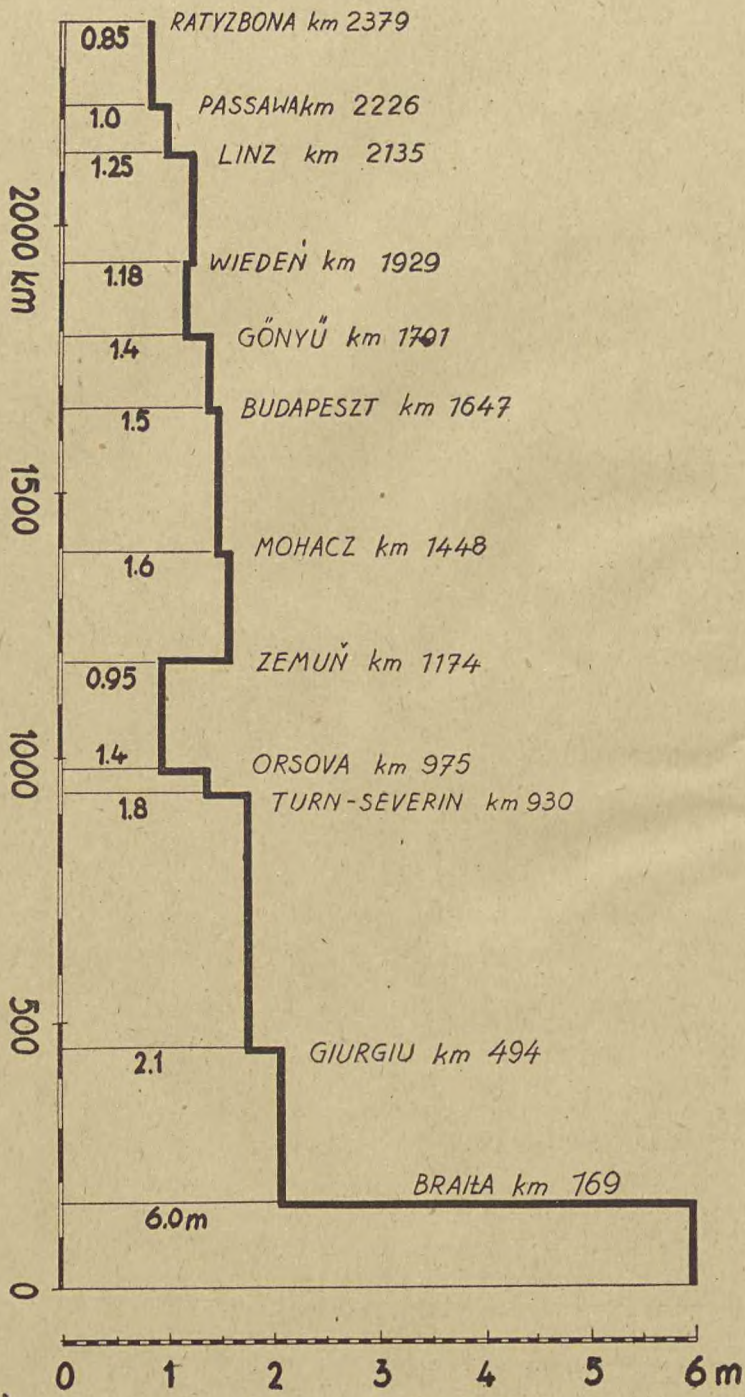
Dla morawskiej części kanału P. P. otrzymać można potrzebną ilość wody utraconej przez wybudowanie trzech zapór (rys. 2) z doprowadzeniem grawitacyjnym, a mianowicie:

1. zbiornik koło Albrechtic na Morawskiej Sazawie powyżej m. Lanškroun, o dorzeczu 33,4 km² i przeciętnym odpływie rocznym 11 mil. m³ (rys. 2, nr 2);

2. zbiornik koło Tatenic na potoku Granicznym o dorzeczu 17,6 km², z odpływem rocznym 4,4 mil. m³ (rys. 2, nr 3);



Rys. 6. Stany wody i profil podłużny Dunaju.



Rys. 7. Minimalne głębokości Dunaju

3. zbiornik koło Crhova na Březnie o dorzeczu 104,0 km², z przeciętnym odpływem rocznym 29,6 mil. m³ (rys. 2, nr 4).

Na wyrównanie strat wody w morawskiej części kanału P. P. potrzeba 20 mil. m³ i 10% na straty przy doprowadzeniu, tzn. ogółem 22 miliony metrów sześciennych. Tę ilość dostarczyć by mogły także i we wspomnianym dwuletnim okresie suszy 1933 i 1934 r. wymienione wyżej zapory, a mianowicie:

zbiornik koło Albrechtic	7,8 mil. m ³
zbiornik koło Tatenic	3,2 mil. m ³
zbiornik koło Crhova	11,0 mil. m ³
Razem	<u>22,0 mil. m³</u>

Sluzy komorowe tak na części czeskiej, jak i na części morawskiej kanału mogłyby zaopatrywać się w wodę przez pewną liczbę dni na drodze bezpośredniego przejmowania wody z pobliskich rzek w okresach wysokiego stanu ich wód — a mianowicie po stronie czeskiej z Loučnej, po stronie morawskiej z Morawy i Desny. W ten sposób zaoszczędziłoby się kosztów przepompowywania wody.

Zaopatrywanie w wodę kanału Odra—Dunaj ma mieć według ostatniego projektu Dyrekcji Budowy Dróg Wodnych charakter mieszany: częściowo ze zbiorników, częściowo przy pomocy przepompowywania, częściowo drogą bezpośredniego przejmowania wody z rzek w okresach wysokiej wody.

Na Odrze ma być wybudowana zapora koło Spalova (rys. 2, nr 6) o dorzeczu 316 km² i objętości zbiornika do 225 mil. m³, na Morawicy zaś zapora koło Kružberku (rys. 2, nr 5) o dorzeczu 565 km² i objętości zbiornika 35 mil. m³. Oba zbiorniki byłyby połączone sztolnią długości 6,5 km, ta odprowadzałaby nadmiar wody z Morawicy, którego zbiornik koło Kružberku nie mógłby objąć, do zbiornika koło Spalova. Obydwie zapory służyłyby ponadto także innym celom w dziedzinie gospodarki wodnej.

Woda dla zaopatrywania kanału byłaby odprowadzana ze zbiornika koło Spalova kołem doprowadzającym długości około 20 km do wyrównującego zbiornika koło Bělotina, położonego około 50 m nad zwierciadłem kanału. Spadek ten byłby wyzyskany do wyrobu energii elektrycznej. Energia elektryczna byłaby produkowana również i przy zaporze koło Spalova, o wysokości 60 m, oraz przy wszystkich stopniach z podnośnikami, tak że chodziłoby ogółem o spadek 190 metrów.

Sluzy komorowe na części północnej kanału mają być zaopatrywane w wodę za pomocą przepompowywania ze zbiornika rzeczno-go koło Koźla z wysokości 165,37 m n. p. m. aż na wysokość 203,4 m

n. p. m., czyli o 38 m wzwyż. Służy komorowe części południowej zaopatrywane być mają przepompowywaniem wody z Dunaju z wysokości 136,7 m na wysokość 202,0 m, czyli o 65,3 metry wzwyż.

Oprócz tego bierze się pod uwagę bezpośrednie przejmowanie wody z rzek w okresach wysokiej wody; w części południowej kanału z Beczwy, w części północnej z Odry koło Bernartic do zwierciadła 250 m n. p. m., z Lubiny i Ondřejnicy koło Petřvaldu i Starej Wsi, oraz z Opawy koło Třebovic do zwierciadła 230 m n. p. m. Ponadto na terytorium polskim wchodzi w rachubę rzeki Pszczyna i Odra.

7. Wydajność kanału Ł.O.D. i ocena rozmiarów przyszłego ruchu na kanale.

Dla obliczenia wydajności kanału trzeba przyjąć pewne „kargo“, tj. ładunek barki w drodze w kierunku zasadniczym i ładunek barki w drodze powrotnej.

Dla obu kierunków bierze się pod uwagę różny odsetek całej ładowności barki przy wyznaczaniu ładunku. Przyjmijmy z tych cyfr 85% naładowania dla kierunku zasadniczego i 25% naładowania dla drogi powrotnej tej samej barki. Dwa pociągi zatem po dwie barki o tysiącu ton ładowności, mijające się na tej samej śluzie, będą wiozły $(0,85 + 0,25) \times 2000$ ton = 2.200 ton. Weźmy pod uwagę roczną liczbę mijają na obu bliźniaczych komorach według podanych powyżej cyfr:

$$(190 \times 13,5 + 95 \times 10) \times 2 = 7000.$$

Przy tych danych roczna zdolność kanału mierzona zdolnością mijania na śluzach wynosi:

$$2.200 \text{ ton} \times 7000 = 15 \text{ mil. ton.}$$

Wyliczmy jeszcze absolutną granicę zdolności kanału przy założeniu, że w czasie 285 dni sezonu żeglugowego ruch trwałby nieprzerwanie przez 24 godziny na dobę. Liczba mijają będzie wtedy wynosiła

$$2 \times 285 \times (24 \times 60 : 70) = 11.700$$

a zdolność

$$2200 \times 11700 = 25 \text{ mil. ton.}$$

Szacunek rozmiarów ruchu na kanale Ł. O. D. porusza się w bardzo szeroko zakreślonych granicach.

Wybitny czechosłowacki specjalista w dziedzinie dróg wodnych, inż. Edward Bazika obliczył całkowity roczny transport na kanale Ł. O. D. na 4,9 miliardów tono-kilometrów, co stanowiłoby około $\frac{1}{3}$ transportu przedwojennego na kolejach czechosłowackich, przy

zastosowaniu tej samej jednostki. W tej liczbie byłyby według Bazika zawarte:

transzyt	2,6	miliardów t/km	rocznie, czyli	53%
handel zagraniczny CSR	1,5	„ „ „ „	„	31%
handel wewnętrzny CSR	0,8	„ „ „ „	„	16%

Dla poszczególnych części kanału inż. Bazika podaje następujące szacunkowe cyfry przewożonych towarów:

na odcinku Pardubice-Przerów:	5 mil. ton
na odcinku Przerów — Bogumin:	16 mil. ton
na odcinku Przerów — Děvin:	17 mil. ton
przeciętnie rocznie na całym kanale Ł. O. D.	12 mil. ton

Inż. Włodzimierz Lorenz obliczył transport

na kanale P. P. na	4 mil. ton rocznie
na kanale O. D. na	10 mil. ton rocznie

Czechosłowacki Urząd Żeglugowy doszedł w zakresie ilości towarów, które wchodziłyby w rachubę dla transportu na kanałach, do cyfr znacznie niższych:

dla kanału P. P.	2,5 mil. ton
dla kanału O. D.	5,2 mil. ton

Ten szacunek dokonywany był pod wrażeniem depresji gospodarczej, która się rozpoczęła po roku 1931.

Niemcy w czasie okupacji szacowali pełne rozwinięcie się ruchu na kanale O. D. na

20 mil. ton

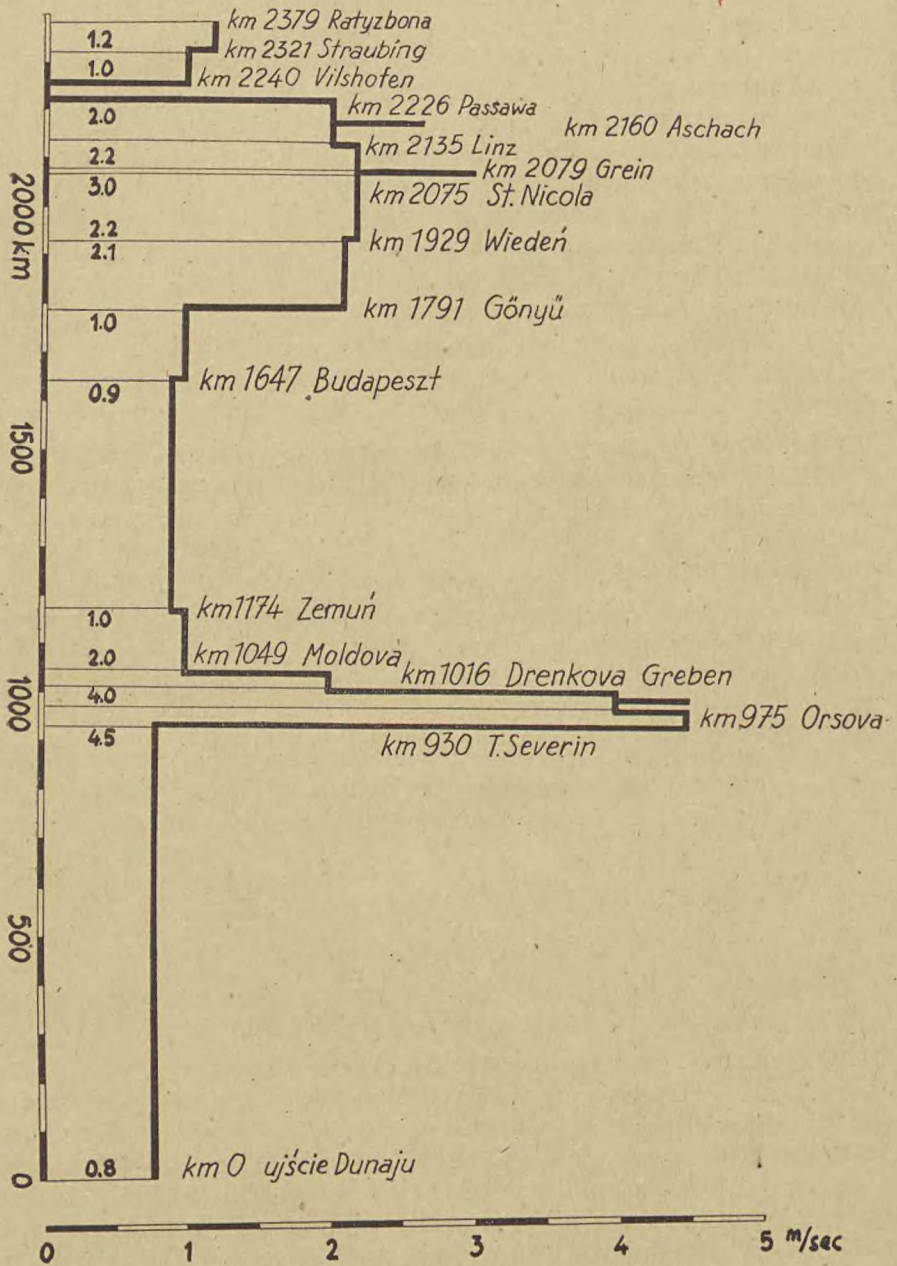
Jeżeli porównamy cyfry, które podaliśmy na temat zdolności kanału, z cyframi spodziewanego transportu towarów, ujrzymy, że projekt kanału Ł. O. D. jest dobrze dostosowany do przewidywanych potrzeb.

III. SPLAWNOŚĆ DUNAJU, ŁABY I ODRY

8. Splawność Dunaju

Dorzecze Dunaju obejmuje 817.000 km², a długość biegu rzeki od źródeł aż do ujścia do Morza Czarnego wynosi 2.894 km.

Przeciętny stan wody uwidoczniiony jest na rys. 6 c) i d). Przy pomocy trzech cyfr naświetlić możemy siłę odpływu rzeki: w Bratysławie przeciętny odpływ wynosi 2056 m³/sek, w Żelaznych Wrotach 5620 m³/sek, przy ujściu 6430 m³/sek. Przy wysokiej wodzie odpływ w tych samych miejscach wynosi 10.870, 12.500 i 16.500 m³/sek (rys. 6 a); przy niskiej wodzie odpływ w Ratyzbonie wynosi 210 m³/sek, Bratysławie 640 m³/sek, w Budapeszcie 890 m³/sek, w Orsowej 1700 m³/sek.



Rys. 8. Szybkość prądu na Dunaju

Na Dunaju jest przeważnie w użyciu, obok wielu innych statków, starszy typ barki o ładowności 675 ton; ostatnio wprowadza się barkę tysiactonową. Barka 675 ton ma 63 metry długości, 8,2 metry szerokości, przy pełnym naładowaniu zanurza się 1,9 m; pusta ma zanurzenie 0,36 m. Barka tysiactonowa ma 70 m długości, 9 m szerokości, zanurza się 2,3 metra przy pełnym naładowaniu i 0,42 m bez ładunku.

Profil podłużny Dunaju, uwidoczniony na rys. 6 d), wykazuje, że Dunaj od źródeł do ujścia rzeki Raby koło Gönyü jest wobec swojego wielkiego spadku rzeką górską. Niesie wiele grubego rumowiska, w niektórych miejscach ma twarde skaliste progi, wybiegające z pierwszych wzniesień przedalpejskich, zwłaszcza na odcinku między Passawą a Linzem.

Odcinek od ujścia Morawy do ujścia Łaby, tzn. od Děvina do Gönyü, stanowi przejście z części górskiej do części nizinnej rzeki. W toku przejścia od spadku górskiego do nizinnego powstają na tym odcinku „najbrzydsze“ progi z rumowiska.

Od ujścia Raby aż do odcinka kataraktowego, zwanego powszechnie „Żelaznymi Wrotami“, na przestrzeni 742 km, Dunaj jest rzeką niziną, która np. pod Komarnem ma spadek 0,04‰, pod Budapesztem 0,1‰, pod Belgradem 0,04‰.

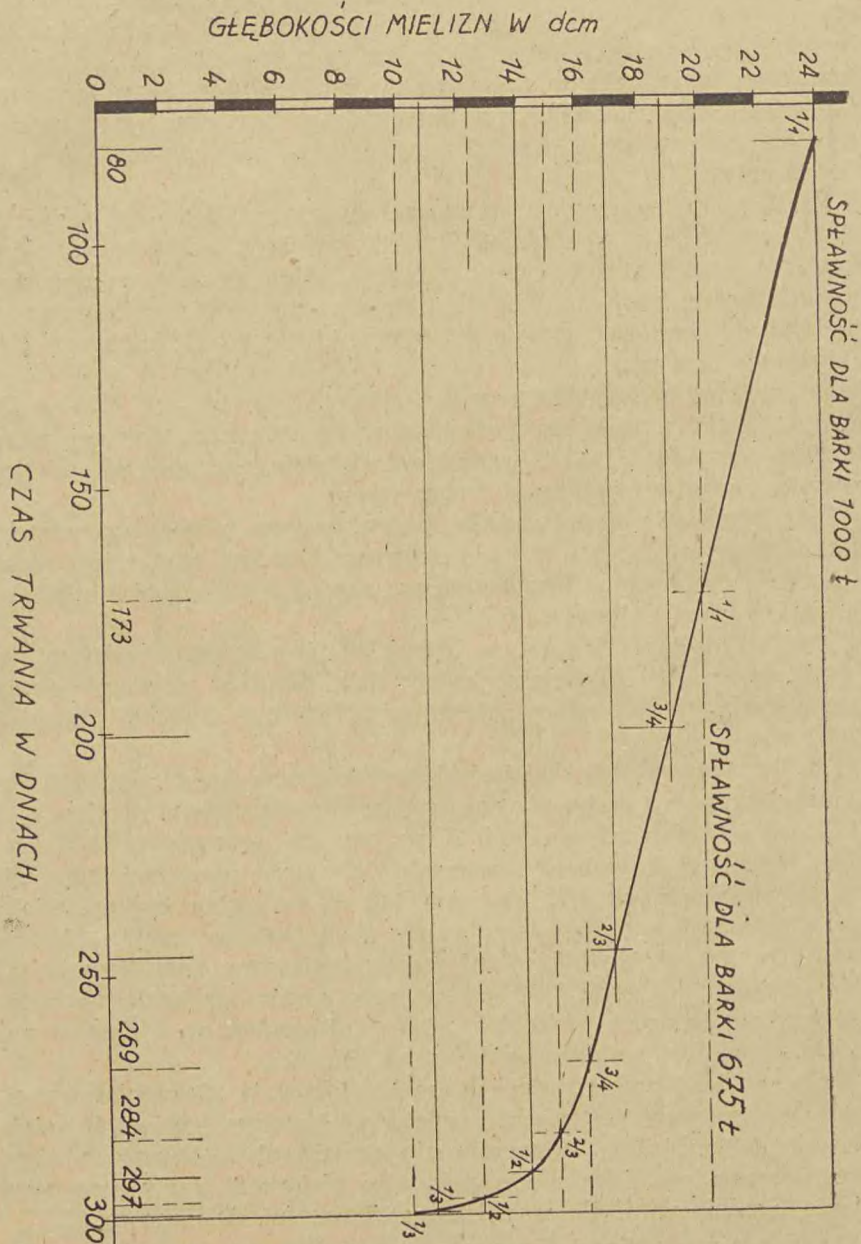
Między Moldovą Vecche a Turn-Severin Dunaj przedziera się przez zapórę Alp Transylwańskich; dziki skalisty przełom tworzy liczne rafy skalne. Ten szlak ma 107,35 km długości i spadek 26,17 m.

Od Turn-Severin aż do ujścia koło Suliny na przestrzeni 930 km Dunaj jest znowu rzeką niziną, o bardzo nieznacznym spadku.

Dunaj jest spławny już od Ulmu, tzn. na przestrzeni 2588 km. Most jednak w Ratyzbonie, ze swoimi ciasnymi przesłami, stanowił przeszkodę dla większych statków, tak że normalna żegluga większych jednostek zaczynała się dopiero od Ratyzbony, czyli o 209 km dalej. Do Ratyzbony także zmierza projektowana trasa kanału od skanalizowanego Menu i od tego samego punktu prowadzi trasa łącząca skanalizowaną rzekę Berounkę z Dunajem w kierunku zachodnim według projektu profesora A. Smrčka.

Cele regulacji rzeki Dunaj jako rzeki wolnej, tj. niekanalizowanej, wytknęła po pierwszej wojnie światowej Międzynarodowa Komisja Dunaju (Commission Internationale du Danube). Dunaj ma być uregulowany na niską wodę, tak, aby głębokość żeglugowa przy niskiej wodzie wynosiła wszędzie przynajmniej dwa metry,

Jako poziom zwierciadła rzeki wyregulowanej na niską wodę wyznaczono poziom, poniżej którego wody Dunaju nie opadły w



Rys. 9. Minimalne głębokości mielizn na szlaku Komarno-Bratysława w latach 1924—1934

okresie 1902—1931 w sezonie żeglugowym, tzn. w czasie od 1. 3. do 25. 12., przez 290 dni. W Bratysławie np. będzie to stan + 8 cm, któremu odpowiada odpływ 984 m³/sek, w Komarnie + 119 cm z odpływem 1003 m³/sek.

Jakie są rzeczywiste głębokości żeglugowe na Dunaju, ukazują nam rys. 7. Uzupełnia go rys. 8, który uwidoczni szybkości prądu. Wielkie szybkości prądu nie tylko utrudniają żeglugę w górę rzeki, ale także są niebezpieczne przy mijaniu się statków.

Według obydwu tych rysunków szlak Ratyzbona-Passawa ma niewielkie głębokości, dochodzące do 1 m, ale też niewielkie szybkości prądu.

Spadek linii szybkości na rys. 8 aż do zera oznacza zapórę koło Passawy, w formie jazu z stawidłami, który przez podniesienie stanu wody o 8,85 m powyżej niskiej wody usunął niebezpieczeństwo ze strony nader groźnych progów koło Vilshofen. Jaz ten ma dwie śluzy komorowe, o długości użytkowej 230 m i szerokości 24 m każda.

Odcinek Passawa — Wiedeń — Bratysława — Gönyü cierpi na bardzo znaczne szybkości prądu powyżej 2 m/sek; koło Grein szybkość ta wzrasta nawet do 3 m/sek. Głębokość przy niskiej wodzie wynosi około 1,2 m, wyjątkowo także i mniej.

Na czechosłowackim odcinku Dunaju między Děvinem i Gönyü tworzą się przykre mielizny żwirowe, które zmniejszają głębokość żeglugową nawet do 1 metra. Rys. 9 uwidoczni głębokości na mieliznach wzięte przeciętnie z lat 1924—1934. Dotychczas powiększanie głębokości żeglugowej uzyskiwano przy pomocy regulacji na niską wodę z pomocą budowania tam podłużnych i poprzecznych, a także przy pomocy odgradzania licznych odnóg Dunaju, aby niska woda była w całości skoncentrowana na szlaku żeglugi. Trzeba będzie obecnie zdecydować, czy dalej prowadzić kosztowną i niepewną regulację na niską wodę, czy też stworzyć lateralny kanał żeglugowy, poprowadzony bądź odnogą zwaną Mały Dunaj, bądź trasą samodzielną. W tym wypadku można wyzyskać także energię wodną.

Odcinek Dunaju od czechosłowackiego portu w Komarnie aż do Moldovy, długości 742 km, ma już odpowiednią dla żeglugi głębokość także i przy niskiej wodzie; według rys. 8 głębokość ta wynosi 1,4 m pod Gönyü, 1,5 m pod Budapesztem, 1,6 m pod Mohaczem. Szybkość prądu wynosi tutaj tylko 0,9—1 m/sek.

Wymienione głębokości żeglugowe można by jednak powiększyć nawet do 2 m przy niskiej wodzie przez bardzo nieznaczne prace pogłębiające, jako że na tym nizinym odcinku znajdują się mielizny z materiału bardzo drobnego. Nie byłoby także niecelowe wyznaczyć, jako cel regulacji, najmniejszą głębokość żeglugową poniżej

Komarna nawet na 2,5 metra; głębokość ta już przy częściowo tylko powiększonym stanie wody wzrosłaby do 3,0 metrów; ostatnia wymieniona głębokość mogłaby za pomocą wspomnianego kanału lateralnego być doprowadzoną aż do ujścia kanału Ł.O.D. do Dunaju, a tym kanałem i dalej.

Na odcinku „Żelaznych Wrót“ regulacja katarakt została przeprowadzona przez wysadzenie koryt żeglugowych, które bądź zawodziły co do głębokości, spadającej w jednym z nich przy niskiej wodzie do 0,9 m, bądź powodowały nadmierne szybkości prądu, dochodzące do 5 m/sek. Kataraktowy szlak Żelaznych Wrót ogranicza poważnie zdolność żeglugową Dunaju, gdyż przepływanie koryt skalnych odbywać się może tylko w jednym kierunku i tylko przy świetle dziennym.

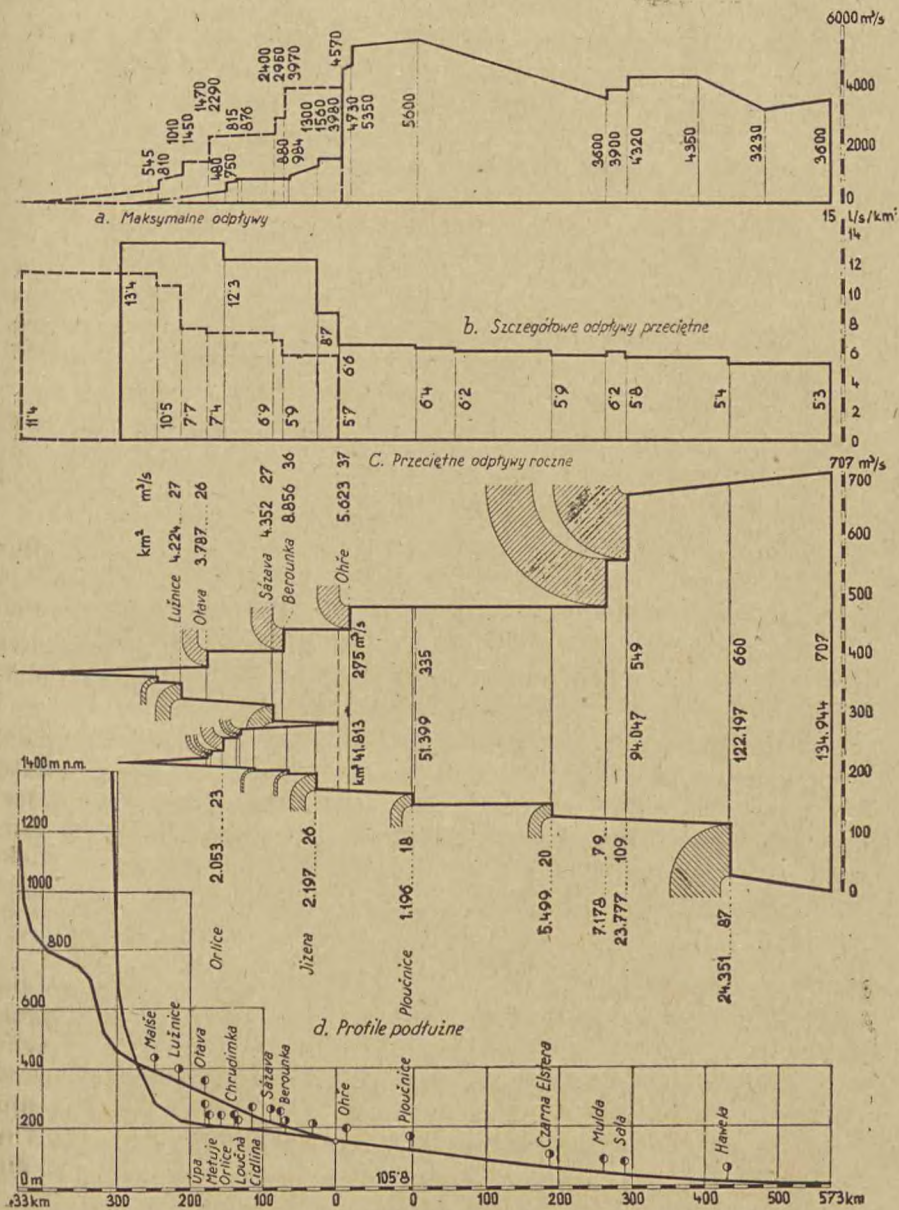
Jest rzeczą bezsporną, że jedynym celowym rozwiązaniem byłoby podniesienie poziomu wody przy pomocy dwóch stopni, a mianowicie koło Greben w pośrodku szlaku i koło Prigrrody na końcu trasy. Projekt kanalizacji tego odcinka opracował po pierwszej wojnie światowej profesor inż. Antoni Smrček.

Przewyciężenie tej największej przeszkody w żegludze na Dunaju umożliwiłoby nawet małym statkom morskim dla służby przybrzeżnej (kabotażu) z Morza Czarnego i Egejskiego i z wybrzeża lewantyńskiego i egipskiego, odpowiednio budowanym, docieranie przy sprzyjającym stanie wody aż do Komarna i Bratysławy i do wylotu kanału Ł.O.D.

Na stopniach kanalizacyjnych można by uzyskać energię wodną, którą prof. Smrček ocenił na 750.000 K. M., a Niemcy w czasie okupacji nawet na 6 miliardów kWh. Źródła tych olbrzymich ilości energii wodnej mogłyby być instalowane stopniowo według potrzeby i gospodarczego rozwoju państw sąsiednich.

Najdłuższy odcinek Dunaju od Turn-Severin do Suliny ma długość 930 km. Szybkość prądu spada tutaj na 0,8 m/sek, najmniejsza głębokość żeglugowa nie spada poniżej 1,8 m między Turn-Severin a Giurgiu, poniżej zaś 2,1 m między Giurgiu a Braiłą. W odnodze sulinińskiej utrzymuje się przy pomocy bagrowania głębokość 6 m, tak iż Braiła jest portem i dla statków morskich.

Ogólnie tedy stwierdzić można, że Dunaj między Komarnem a Moldową na przestrzeni 742 km i między Turn-Severin a Suliną na przestrzeni 930 km jest szlakiem dla wielkiej żeglugi już dzisiaj. Usunięcie katarakt w Żelaznych Wrotach połączyłoby wygodnie obie te drogi w jeden szlak wielkiej żeglugi. Regulacja na odcinku Devin—Gönyü do głębokości 2,5—3 m połączyłaby ten szlak z kanałem Ł. O. D.



Rys. 10. Stany wody i profil podłużny Łaby.

9. Spławność Łaby.

Dorzecze Łaby obejmuje 141.000 km², długość rzeki aż do Cuxhaven — 726 km. Przeciętne stany wody i wysokości wielkiej wody są uwidocznione na rys. 10 a) b) c). Przeciętny odpływ roczny w Děčinie wynosi 300 m³/sek, koło Artlenburga, tzn. w punkcie, gdzie się kończy wpływ przyływu i odpływu morza — 707 m³/sek. Stanowi to niewiele więcej niż odpływ niskiej wody Dunaju pod Bratysławą (640 m³/sek); jednocześnie jest to ¹/₃ przeciętnego odpływu Dunaju pod Bratysławą (2056 m³/sek).

Wysoka woda osiąga w Děčinie największy odpływ 5600 m³/sek, podczas gdy na nizinie niemieckiej odpływ jest mniejszy; we wspomnianym punkcie w Artlenburgu wysoka woda prowadzi tylko 3000 m³/sek. Odpływy przy niskiej wodzie podaje niżej.

Na Łabie najczęstszy jest typ barki o ładowności 740 ton, długości 67 m, szerokości 8,2 m, o zanurzeniu 1,9. Ponadto zdarzają się tutaj barki o ładowności 900 i 1000 ton, a wyjątkowo i 1300 ton.

Łaba w Czechach ma być uspławniona już od Jaroměřa, Wełtawa — od Budziejowic. W tym kierunku wiele już zostało dokonane: Wełtawa jest uspławniona powyżej Pragi aż do Štěchovic na przestrzeni 40 km, a poniżej Pragi do Mělnika na przestrzeni 42 km; Łaba dalej od Mělnika w dół do Střekowa na przestrzeni 69 km. Kanalizacja Łaby od Mělnika w górę rzeki aż do Kolina na przestrzeni 85 km jest już prawie ukończona. Szlak między Kolinem a punktem koło Pardubic, gdzie odbiegać ma kanał P. P., długości 57 km, jest w większej części już wybudowana. Ogółem tedy Łaba czeska jest skanalizowana bieżąc na przestrzeni 55 km + 69 km = 126 km, a Wełtawa na przestrzeni 82 km.

Starsze śluzy komorowe mają szerokość wrót 11 m, głębokość głowy śluzy i głębokość wody w komorze 2,5 m, tak że mogą przepuszczać również barki 1000—1200 tonowe. Komory dla pociągów mają długość 147 m, szerokość we wrotach 11 m, ale ich szerokość wewnętrzna wynosi tylko 20 m. Bliźniacza mała komora ma długość 78 m i szerokość 11 m. Później budowane śluzy na Łabie i na Wełtawie powyżej Pragi mają szerokość we wrotach 12 m z głębokością głowy śluzy i głębokością wody w komorze 3 m.

Ogólnie można powiedzieć, że czeskie skanalizowane rzeki Wełtawa i Łaba odpowiadają swoimi urządzeniami także i w starszych częściach skanalizowanych wymaganiom wielkiej żeglugi śródlądowej.

Od Střekova w dół rzeki Łaba wyregulowana została w Czechach i w Niemczech na niską wodę. Za podstawę regulacji Łaby na niską wodę przyjęto następujące najmniejsze odpływy:

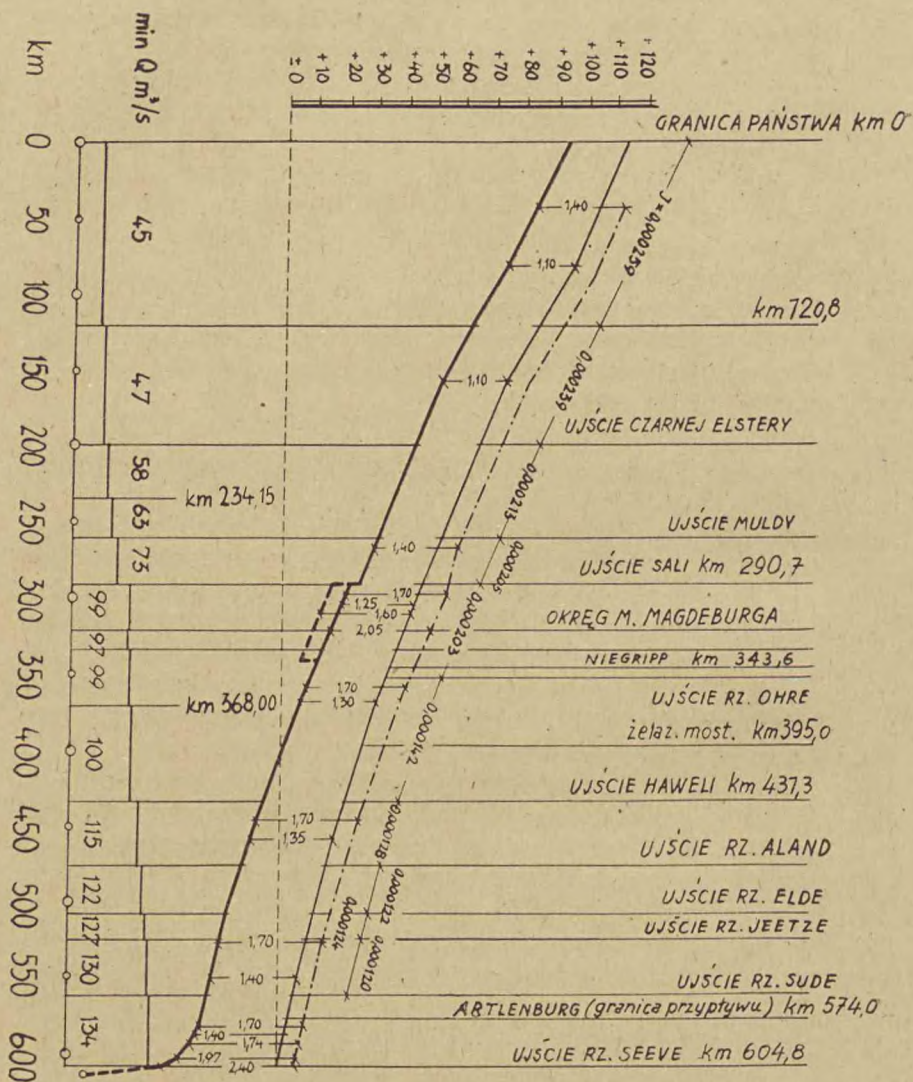
poniżej granicy czechosłowackiej:	42 m ³ /sek
poniżej ujścia Czarnej Elstery	47 „
poniżej 234 kilometra	58 „
poniżej ujścia Muldy	63 „
poniżej ujścia Sali	73 „
poniżej kilometra 268	99 „
poniżej ujścia Haweli	100 „
poniżej ujścia rzeki Aland	115 „
poniżej ujścia rzeki Elde	122 „
poniżej ujścia rzeki Jeetze	127 „
poniżej ujścia rzeki Sude	130 „
poniżej ujścia rzeki Seeve	134 „

Niemcy chcieli przez regulację Łaby (rys. 11) osiągnąć powyżej ujścia Sali głębokość żeglugową 1,10 m. Na tym odcinku liczyli się z maksymalnym możliwym dopływem wody zasilającej z bocznego zbiornika, który projektowany jest poniżej Pirny — 28 m³/sek. Tym sposobem chcieli powiększyć głębokość żeglugową, która ma być osiągnięta przez regulację na niską wodę, z 1,10 m na 1,40. Zbiornik pod Pirną miał mieć według projektu objętość 110 mil. m³ i dawać rocznie 420 mil. m³ wody uzupełniającej; byłby bowiem pełny przy każdym stanie wody, której źródła przewidziane dla zasilania zbiornika dają więcej, niż wynoszą potrzeby żeglugi.

Poniżej ujścia Sali aż do ujścia rzeki Seeve, od którego to ujścia daje się dostrzegać wyraźne działanie przypliwów i odpływów morza, regulacja na niską wodę ma dać głębokość żeglugową 1,25 m na początku tego odcinka, ze stopniowym wzrostem głębokości aż do 1,40 m przy ujściu rzeki Seeve.

Z obydwu już zbudowanych zbiorników na Sali koło Bleiloch i Hohenwarte ma być szlak żeglugowy zasilany wodą w maksymalnej ilości 60 m³/sek., przez co głębokość na odcinku od ujścia Sali do ujścia Seeve zwiększyć się ma do 1,70 m.

Czechosłowacki nie skanalizowany odcinek od podnośni im. Masaryka koło Střekova ma być również uregulowany na niską wodę, przy czym osiągnięta ma być głębokość 0,90 m. Z przytaczanych powyżej cyfr widać jednak, że odcinek od Střekova do Pirny, długości 74 km, byłby w stosunku do dalszych odcinków w Niemczech i w stosunku do skanalizowanego odcinka w Czechach zbyt płytki dla żeglugi. Czeska i niemiecka część tego odcinka dadzą się jednak łatwo skanalizować, a mianowicie: część czeska (tzn. od Střekova do



Rys. 11. Dotychczasowa głębokość żegluga i cele regulacji na Łabie.

granicy czechosłowacko - niemieckiej, przyp. tłum.) przy pomocy dwóch podnośni, jednej koło Małego Března, drugiej koło m. Loubi, o spadku 7 m każda; część niemiecka (od granicy do Pirny — przyp. tłum.) przy pomocy również dwóch podnośni, jednej, 3,6 metrowej, koło Schandau, drugiej 6-metrowej, koło Pirny.

Energia wodna na czeskich stopniach dałaby 36 000 kW i 150 milj. kWh.

Obecny stan szlaku żeglugi na Łabie po regulacji na średnią wodę wykazuje jednak bardzo nieznaczne głębokości w okresach suszy, a mianowicie:

powyżej ujścia Sali tylko	0,55 m
między ujściem Sali i ujściem Haweli	0,85 m
w okręgu miejskim Magdeburga	0,45 m
poniżej ujścia Haweli	0,80 m

Niemiecka część Łaby winna być przeto uregulowana na niską wodę przy pomocy upustów poprzecznych, a to przez przedłużenie i zagęszczenie dotychczasowych upustów. Odcinek rzeki w okręgu miejskim Magdeburga trzeba będzie chyba skanalizować.

Według rzeczywistego stanu rzeczy na Łabie wydaje się jednak, że zbiorniki na Sali bądź nie są wykorzystywane dla celów żeglugowych w takich rozmiarach, jak to było przewidywane, bądź też nie oddziałują tak, jak się tego spodziewano.

W czeskim dorzeczu Łaby istnieją możliwości stworzenia zbiorników, które mogłyby być wzięte pod uwagę dla zwiększenia głębokości żeglugowej na Łabie. Rys. 12 wykazuje, jak zwiększyłaby się głębokość żeglugowa nieskanalizowanej części Łaby czeskiej, gdyby minimalny odpływ Łaby był zwiększany uzupełniającą wodą ze zbiorników.

Według tego rysunku np. 360 milj. m³ wody uzupełniającej bez regulacji na niską wodę zapewniłoby w okresie suszy tylko tzw. spławność w jednej trzeciej. Taż sama ilość wody uzupełniającej jednak po dokonaniu regulacji na niską wodę zapewniłaby już prawie spławność w dwóch trzecich. 601 milj. m³ wody uzupełniającej zapewniłoby bez regulowania Łaby na niską wodę spławność w połowie (1,14 m) a po regulacji na niską wodę — spławność w trzech czwartych (1,52 m).

Ponieważ jednak rolnictwo w Czechách i całe życie gospodarze zużywa wielkie ilości wody, której dostarczać muszą zbiorniki, i ponieważ pewne doliny rzek muszą być zachowane dla celów rekreacyjnych ludności miejskiej, a ponadto wielkie zbiorniki w dorzeczu Wełtawy utworzyć można dopiero w miejscach bardzo oddalonych od szlaku wodnego, który miałby być zasilany dla celów żeglugi,

przeto prościej będzie skanalizować cały odcinek Střekov—granica—Pirna. Kanalizacja jest również środkiem bezpieczniejszym, szybszym i wydajniejszym; jest wreszcie ekonomiczna, gdyż dostarcza w znacznej mierze energii wodnej, jako że Łaba czeska przed granicą czechosłowacko-niemiecką prowadzi nawet w okresach katastrofalnej suszy 42 m³ na sekundę. Jakkolwiek ulepszenie odpływu Łaby czeskiej dokonane zostanie w innych celach, wolny szlak żeglugowy Łaby w Niemczech będzie z tego również korzystał.

10. Spławność Odry.

Dorzecze Odry obejmuje 118 611 km², długość rzeki od źródeł do Szczecina 834 km. Przekrój podłużny i wykresy stanu wód na Odrze są uwidocznione na rys. 13 a), b), c), d). Wyznaczone są według wodowskazu w Zatonii Górnej, gdzie rozmiary dorzecza Odry wynoszą 109 564 km².

Przeciętny stan wody na Odrze uwidoczniony jest na rys. 14 b), c). W Zatonii Górnej wyraża się on cyfrą 505 m³/sek., dla całej rzeki i cyfrą 510 m³/sek. Z tego sama tylko Warta daje 200 m³/sek. Odra ma tedy przy ujściu stan wody znacznie niższy, niż najmniejsza woda Dunaju w Bratysławie (640 m³/sek.) i nie osiąga nawet 1/3 przeciętnego stanu wody Dunaju w tym punkcie (2 056 m³/sek.).

Wysoka woda osiąga najwyższy stan w Ścinawie (odpływ 2 300 m³/sek.) i w dalszym biegu pod wpływem strat na zalew spada, mimo pomniejszych dopływów na 2 200 m³/sek.

Statki żeglujące po Odrze należą do najróżnorodniejszych typów. Stary, znikający już powoli typ „finowski“ ma długość 39—41 m, szerokość 4,65 m, zanurzenie 1,27 m, ładowność 150—170 ton. Barka wrocławska ma długość 55 m, szerokość 8 m, zanurzenie 1,75 m, ładowność 550 ton. Ponadto występuje typ barki żeglugowej długości 65 m, szerokości 8 m, zanurzenia 1,80 i ładowności 660 ton, z zanurzeniem 2 m przy ładowności 750 ton.

Odrę podzielić można pod względem spławności na cztery odcinki:

- 1) odcinek od źródeł do Koźła, długości 195 km;
- 2) odcinek skanalizowany od Koźła do Rędzina pod Wrocławiem, długości 149 km;
- 3) odcinek od Wrocławia do ujścia Warty, długości 362 km;
- 4) dolny bieg od ujścia Warty do Szczecina, długości 128 km.

Bieg górny Odry aż do Koźła nie jest spławny. Kanał O. D., który koło Koźła połączyć się ma ze skanalizowaną Odrą, biec będzie lewym brzegiem górnej Odry, nie jej głównym korytem.

Kanalizacja Odry od Koźła do Wrocławia przeprowadzana była w dwóch etapach.

Szlak od Koźła do ujścia Nisy Kłodzkiej, długości 80 km, o całkowitym spadku 26 m, skanalizowany został w latach 1891—1895 przy pomocy dwunastu podnośni o niewielkich różnicach poziomów. Celem kanalizacji było osiągnięcie maksymalnej głębokości 1,5 m, mierzonej według hydrostatycznego wzniesienia się wody pod górnym jazem. Wszystkie jazy są iglicowe, systemu Poirée. Dla pokonania spadku na jazie budowano śluzy komorowe, których użytkowa długość 55 m, szerokość 9,6 m, głębokość górnej głowy i głębokość wody w komorze pozwalały na przepuszczanie bądź dwóch barek finowskich, bądź jednej wrocławskiej (odrzańskiej).

Później obok tych śluz zbudowano śluzy dla pociągów długości użytkowej 187 m i szerokości 9,6 m.

Na tym odcinku główną przeszkodą w wielkiej żegludze jest niedostateczna głębokość: 1,5 m przy niskiej wodzie; trzeba ją zresztą i tak utrzymywać przy pomocy bagrowania, gdyż Odra niesie dużo rumowiska.

Szlak od ujścia Nisy Kłodzkiej do Wrocławia ma 69 km długości i całkowity spadek 22,6 m. Skanalizowany został w latach 1907—1915 przy zastosowaniu siedmiu stopni. Głowy śluz mają większą głębokość, a mianowicie 2,75 m; głębokość wody w komorze wynosi 2,50 m. Przy niskiej wodzie głębokość żeglugowa wynosi 2,00; szerokość komór również 9,60 m. Jedynie śluzy w Rędzinie pod Wrocławiem, kończące szlak skanalizowany, mają szerokość 12 m.

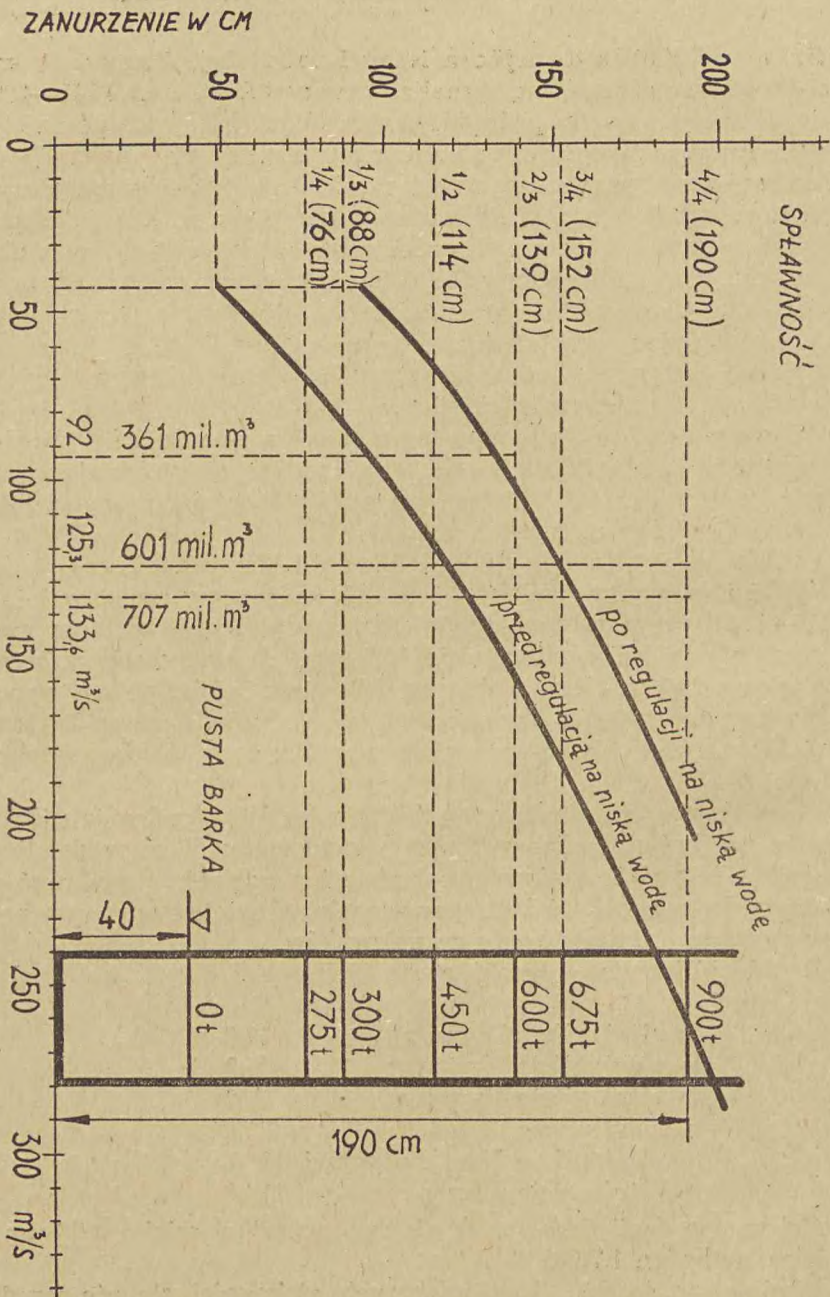
Po wielu rozważaniach, czy szlak między Wrocławiem a ujściem Warty ma być skanalizowany czy uregulowany, Niemcy doszli do wniosku, że najbardziej celowe będzie ten odcinek uregulować na niską wodę, a głębokość żeglugową zwiększać w okresach suszy przy pomocy uzupełniającej wody ze zbiorników.

Regulacja koryta na niską wodę bierze pod uwagę następujące małe odpływy:

poniżej ujścia Widawy	42,0 m ³ /sek
poniżej ujścia Kaczawy	46,0 „
poniżej ujścia Baryczy	67,0 „
poniżej ujścia Bobra	91,0 „
poniżej ujścia Nisy Łużyckiej	106,0 „
poniżej ujścia Warty	110,0 „

Celem regulacji jest uzyskanie na początku szlaku głębokości 1,30 m, na końcu 1,70 m.

Wydaje się jednak, że oznaczonych głębokości się nie uzyska, gdyż w suchych latach 1939 i 1946 pojawiały się głębokości tylko 70 centymetrowe, chociaż Niemcy przeprowadzili już regulację w 80%.



Rys. 12. Ulepszenie splawności wolnej Łąby przez regulację i zasilanie wodą ze zbiorników

Na dopływach Odry wybudowane są ogółem 24 zbiorniki, z tego 14 w formie polderów.

Z wielkich zbiorników, które służyć miały powiększaniu odpływu dla celów żeglugowych, wymienić należy następujące zbiorniki płaskie:

1) Dzierżno na rz. Kłodnicy z objętością	85,5 milj. m ³
przeciętny odpływ roczny w tym punkcie wynosi	150,0 „ „
2) Turawa na Małej Panwi z objętością ogólną	98,5 „ „
i przeciętnym odpływem	385 „ „
3) Otmuchów na Nisie Kłodzkiej z objętością ogólną	128 „ „
i przeciętnym odpływem rocznym	636 „ „

Niemcy wyliczyli także, że dla uzyskania na całym szlaku wodnym od Wrocławia do ujścia Odry głębokości 1,7 m także i w latach suchych, potrzeba by było 540 milj. m³ wody uzupełniającej, wypuszczonej ze zbiorników wyłącznie dla celów żeglugi.

Rzeczą jest nader wątpliwą, czy w stosunkowo płaskim i mało wydajnym dorzeczu Odry uda się znaleźć takie ilości wody, aby można było uzyskać wymienioną ilość niezależnie od zapotrzebowania rolniczego i przemysłowego.

Budowa zbiorników w czechosłowackim dorzeczu Odry natknęłaby się na nieprzychylnie warunki geologiczne. Zbiorniki koło Kružberku i Spalova służyć mają, jak tu podkreślano, zasilaniu kanału O. D. wodą dla wyrównania strat. Obok obu wymienionych brano jeszcze pod uwagę następujące możliwości budowy zbiorników: koło miejscowości Nove Heřminy na Czarnej Opawicy z dorzeczem 288 km² i objętością zbiornika 156 milj. m³, koło Žimrovic na Morawicy z dorzeczem 660 km² i objętością zbiornika 99 milj. m³, wreszcie koło Šancy na Ostrawicy z dorzeczem 156 km² i objętością zbiornika 60 milj. m³. Wszystkie te punkty jednak mało się nadają do budowy zbiorników w takich rozmiarach, a to ze względów geologicznych.

Ponadto wszystkie te punkty, zarówno w polskim jak i w czechosłowackim dorzeczu Odry, są bardzo oddalone od punktu wyjściowego tego odcinka Odry, który miałyby zasilać wodą. Odsetek strat wody uzupełniającej przed dopłynięciem jej na miejsce przeznaczenia, byłby przeto bardzo wysoki, zwłaszcza pod wpływem skanalizowanego szlaku Odry.

Uważam przeto, że nieskanalizowaną środkową Odrę można by zasilic wydatnie tylko w ten sposób, że wybuduje się na brzegach Odry poniżej Wrocławia zbiorniki boczne na wzór Pirny, do których przejmowałoby się, czy też przepompowywało, cały odpływ

ponad granicę, potrzebną dla pełnego ruchu żeglugowego. Ze zbiorników tych uzupełniałoby się stan wody w Odrze w okresie suszy.

Na przestrzeni dwóch trzecich swojego dolnego biegu Odra wytworzyła dwie odnogi. Odnoga zachodnia jest w budowie dla żeglugi barek 600 tonowych, odnoga wschodnia służyć ma odprowadzaniu wysokiej wody. Tylko przy pomyślnym stanie wody ta druga odnoga służyć może również celom żeglugi.

Dla uczynienia Odry szlakiem wodnym dla wielkiej żeglugi należałoby przebudować dotychczasowy system kanałowy, nie odpowiadający potrzebom żeglugi na wielką skalę. Wolny szlak Odry trzeba by było ostatecznie wyregulować i wydatnie zasilać wodą uzupełniającą; uzyskiwanie tej wody z bocznego zbiornika czy bocznych zbiorników, umieszczonych na początku wolnego szlaku wodnego, do którego to zbiornika czy zbiorników przepompowywałoby się wodę w okresach zbyt wysokiego stanu wód, będzie raczej bardziej celowe niż dostarczanie jej z bardzo oddalonych zbiorników, umieszczonych w zamkniętych dolinach górskich w najwyższej części dorzecza. W przeciwnym razie trzeba by wziąć znowu pod uwagę problem kanalizacji całej Odry lub przeprowadzenia kanałów lateralnych.

11. Uwagi o spławności Renu.

Nader pouczające będzie, jeżeli dla porównania minimalnych głębokości żeglugowych, występujących dotychczas w okresach suszy na Łabie, Odrze i Dunaju, z tymi głębokościami, które mają być osiągnięte na tych rzekach przez regulację na niską wodę — przytocze odpowiednie dane dotyczące Renu.

Na Renie, którego odpływ z górnej części jego dorzecza regulowany jest przez Jezioro Bodeńskie, olbrzymi naturalny zbiornik wodny, powierzchni 538 km² — minimalne głębokości żeglugowe w okresach suszy przedstawiają się jak następuje:

na odcinku Strassburg — St. Goar (między ujściem Menu a ujściem Mozeli):	1,25 m
na odcinku St. Goar — Kolonia	1,75 m
na odcinku poniżej Kolonii	2,20 m

Regulacja postawiła sobie za cel osiągnięcia następujących głębokości żeglugowych dla powyższych odcinków: 1,70 m, 2,10 m i 2,50 m.

Jeżeli chodzi o szlak wodny koło St. Goar, obecna głębokość minimalna 1,25 m ma być tam powiększona o 45 cm do 1,70 m; przy tym minimalny odpływ Renu w St. Goar wynosi 490 m³/sek.

Łaba poniżej ujścia Sali ma minimalną głębokość 0,80 m; regulacja na najwyższą wodę ma ją powiększyć o 50 cm do 1,30 m, a zasilenie wodą uzupełniającą ze zbiorników — do 1,70 m, czyli do tej

samej głębokości, jaką ma mieć Ren pod St. Goar. Chociaż nie wszystkie decydujące czynniki dla porównania obu rzek podane zostały w tych kilku liczbach, można jednak ocenić, że głębokość żegluga, która ma być osiągnięta na Łabie przez regulację na niską wodę i zasilanie wodą ze zbiorników, stanowi cel trudny do osiągnięcia; możliwości te oceniono nader wysoko. Pogląd ten dotyczyć będzie w jeszcze większej mierze polepszenia spławności wolnej Odry.

IV. ZAKOŃCZENIE

1. Połączenie Bałtyku oraz Morza Północnego z Morzem Czarnym a tym samym i z Bliskim Wschodem, dokonywane za pośrednictwem rzek: Odry, Łaby i Dunaju, stanowi całość, której stosunkowo krótką, niemniej jednak zasadniczą część stanowi kanał Ł. O. D.

2. Kanał Ł. O. D. może być użyteczny dla tranzytu, a tym samym i rentowny tylko przy założeniu ulepszenia spławności Odry, Łaby i Dunaju, których obszary kanał łączy ze sobą.

3. Projekt kanału Ł. O. D., jeśli chodzi o rozmiary przekroju poprzecznego i urządzeń żeglugowych kanału, odpowiada wymaganiom żeglugi na wielką skalę na nowoczesnych drogach wodnych środkowo-europejskich, tak, że kanał ten byłby w stanie podołać transportowi towarów nawet i według największych przewidywanych cyfr ruchu na kanale. Trzymetrowa głębokość żegluga kanału odpowiada głębokości, która na wolnym Dunaju środkowym i dolnym jest do dyspozycji już przy częściowo sprzyjającym stanie wody, podczas gdy na Łabie i na Odrze można na nią liczyć tylko wyjątkowo, przez drobną część sezonu żeglugowego.

4. Dunaj można już dziś utrzymać jako drogę dla żeglugi na wielką skalę, na szlaku od portu czechosłowackiego w Komarnie do Żelaznych Wrót i od dolnego wylotu Żelaznych Wrót aż do ujścia — przy pomocy bagrowania. Na to, aby się stał ciągłym szlakiem dla wielkiej żeglugi, na trasie od wylotu kanału Ł. O. D. koło Děvina aż do ujścia, trzeba w szczególności ulepszyć odcinek Děvin—Komarno i odcinek Żelaznych Wrót. Pierwszy z nich będzie najlepiej obejść pobocznym kanałem, na którym będzie można także wykorzystać stałą energię wodną. Dla definitywnego usunięcia przeszkód w żegludze na terenie Żelaznych Wrót potrzebna jest i tutaj kanalizacja, choćby nawet miała być bardzo kosztowna. W miarę gospodarczego rozwoju zaprzyjaźnionej Jugosławii, Bułgarii i Rumunii będzie mogła być stopniowo wykorzystana olbrzymia energia wodna stopni kanałowych w Żelaznych Wrotach.

5. Dla szlaku wodnego Łaby zadaniem najważniejszym jest skanalizowanie odcinka Střekov—Pirna, przy wykorzystaniu energii wodnej, oraz budowa zbiornika koło Pirny. W niedługim czasie liczyć się można z ukończeniem kanalizacji Łaby na odcinku między Kolinem i Pardubicami.

6. Ulepszeniu spławności wodnej Odry warto poświęcić jak największe wysiłki bądź przez gruntowną regulację na niską wodę i stworzenie bocznych zbiorników koło Wrocławia, które przejmowałyby cały nadmiar wody ponad odpływ, oznaczający pełną spławność rzeki, bądź też drogą stworzenia kanałów pobocznych. Dotychczasowe urządzenia kanałowe Odry należałoby w końcowym etapie przebudować na rozmiary odpowiadające wielkiej żegludze. Tylko przez radykalne ulepszenie spławności Odry port w Szczecinie i kanał Ł. O. D. uzyskać mogą dostateczną atrakcyjność dla zaplecza.

7. Udoskonalenie międzymorskich dróg wodnych na Dunaju, Odrze i Łabie i połączenie ich kanałem Ł. O. D. na terytorium Republiki Czechosłowackiej stanowi olbrzymie przedsięwzięcie techniczne i gospodarcze o niezmiernie szerokim znaczeniu międzynarodowym. Urzeczywistnienie tego zamierzenia dokonywać się musi planowo; poszczególne etapy muszą być gospodarczo możliwe do zrealizowania, a chronologicznie ułożone jak najużyteczniej dla zamierzonego celu. Realizacja tego zamierzenia możliwa jest tylko we wspólnym porozumieniu i wspólnym wysiłkiem przede wszystkim państw słowiańskich i zaprzyjaźnionych.

(Przekład z czeskiego A. J. Kamińskiego).

Od tłumacza: Pozwalam sobie złożyć na tym miejscu serdeczne podziękowanie p. dyr. inż. Borowemu i p. inż. Naszkiewiczowi z Poznańskiej Okręgowej Dyrekcji Dróg Wodnych za pomoc w tłumaczeniu terminologii technicznej artykułu.